



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E B NÍTICO DESENVOLVIDOS A  
PARTIR DE LITOLOGIAS CALCIOSSILICATADAS DO GRUPO CANASTRA, DF.

BRUNA GONÇALVES VIEIRA

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

DEZEMBRO/2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E B NÍTICO DESENVOLVIDOS A  
PARTIR DE LITOLOGIAS CALCIOSSILICATADAS DO GRUPO CANASTRA, DF.

BRUNA GONÇALVES VIEIRA

ORIENTADORA: MARILUSA PINTO COELHO LACERDA

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF  
DEZEMBRO/2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E B NÍTICO DESENVOLVIDOS A  
PARTIR DE LITOLOGIAS CALCIOSSILICATADAS DO GRUPO CANASTRA,  
DF.**

**BRUNA GONÇALVES VIEIRA**  
**09/90663**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA SUBMETIDA À  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.**

**APROVADA POR:**

---

**MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Doutora Professora Associada  
(FAV – UnB) (ORIENTADORA); e-mail: marilusa@unb.br**

---

**EIYTI KATO, Doutor Professor Adjunto (FAV – UnB) (EXAMINADOR  
INTERNO); e-mail: kato@unb.br**

---

**MANUEL PEREIRA DE OLIVEIRA JÚNIOR, Mestre em Agronomia. Técnico  
(FAV – UnB) (EXAMINADOR INTERNO); e-mail: manueljr@unb.br**

**BRASÍLIA,  
DEZEMBRO de 2013.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Vieira, Bruna Gonçalves,

Solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, DF. / Bruna Gonçalves Vieira, orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda. Brasília, 2013.

62p.

Monografia de Graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIEIRA, B. G. **Solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, DF.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, 2013, 62p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação).

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Bruna Gonçalves Vieira.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO: Solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, DF.

GRAU: Graduação

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Bruna Gonçalves Vieira

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, a São José e a minha padroeira Nossa Senhora Aparecida por me conceder tantas bênçãos e alegrias com o decorrer dos anos.

Aos meus amados pais – Osmar e Valdeci – pelo exemplo de amor, dedicação e empenho. Aos meus queridos irmãos – Renata e Igor Eduardo – pelo exemplo de amizade e companheirismo. Aos meus familiares pelo constante apoio e incentivo.

Ao meu namorado Vinícius pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Às minhas amigas – Klébia, Thayane, Lívia, Isabel e Maria Thereza – pela sincera amizade.

À professora Marilusa pelo ensinamento, incentivo e, sobretudo, pela amizade.

Aos meus amigos e parceiros de pesquisa – Luiz Felipe, Déborah, Guilherme, Manuel, Henrique e Rosana – por compartilhar conhecimentos, aflições e, principalmente, muitos sorrisos.

Aos funcionários dos Laboratórios de Física e Química dos Solos da Universidade de Brasília – Catarina, Alan e Luiz Eduardo – pelo acolhimento e disposição em ajudar.

A todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	3
2.1	Objetivos específicos	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1	Solos no Distrito Federal	3
3.2	Geologia do Distrito Federal	10
3.3	Geomorfologia do Distrito Federal	12
3.4	Fases do relevo da microbacia do Ribeirão Salinas, DF	14
3.5	Solos com horizonte B textural ou B nítico	15
3.6	Relações entre solos, material de origem e relevo	18
3.7	Geoprocessamento	20
3.7.1	Sistema de Informação Geográfica - SIG	20
3.7.2	Modelo Digital de Terreno – MDT	22
3.8	Geoprocessamento na distribuição de solos na paisagem	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Caracterização da área de estudo	24
4.1.1	Localização da Área de Estudo	24
4.1.2	Geologia da microbacia do Ribeirão Salinas, DF	26
4.1.3	Geomorfologia da microbacia do Ribeirão Salinas, DF	28
4.1.4	Clima da microbacia do Ribeirão Salinas	28
4.2	Análise e tratamento de dados por meio do SIG	29
4.3	Estabelecimento das relações pedomorfológicas	31
4.4	Atividades de campo	31

4.4.1	Caracterização dos pontos amostrais	31
4.5	Análises laboratoriais	32
4.5.1	Análises físicas	32
4.5.2	Análises químicas	33
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	Localização dos perfis selecionados	37
5.2	Análise dos dados obtidos pelo SIG	38
5.3	Relações pedomorfológicas estabelecidas da microbacia do Ribeirão Salinas	39
5.4	Caracterização dos perfis estudados da microbacia Ribeirão Salinas	41
6	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da distribuição das classes de solos no Distrito Federal. Fonte: modificado de Embrapa (1978).	4
Figura 2. Mapa geológico do Distrito Federal. Fonte: Freitas-Silva e Campos (1998).	11
Figura 3. Mapa geomorfológico do Distrito Federal. Fonte: Codeplan (1984).	12
Figura 4. Mapa de localização da área de estudo: microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.	25
Figura 5. Mapa de solos da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal. Fonte: modificado de Embrapa (1978).	26
Figura 6. Mapa geológico da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal. Fonte: Freitas-Silva e Campos (1984).	26
Figura 7. Fluxograma das etapas realizadas na análise e tratamento de dados por meio do SIG na microbacia do Ribeirão Salinas, DF.	30
Figura 8. Triângulo de grupamento textural. Fonte: Embrapa (1997).	33
Figura 9. Localização dos cinco perfis selecionados na microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal. Fonte: mapa de geologia do DF (FREITAS e CAMPOS, 1998).	37
Figura 10. Mapa das unidades geomorfológicas da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.	38
Figura 11. Mapa de classes de declividade da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.	39
Figura 12. Perfil 01: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico.	42
Figura 13. Vegetação local do perfil 01.	43
Figura 14. Perfil 02: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico.	44
Figura 15. Vegetação nativa do perfil 02.	45
Figura 16. Perfil 03: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico.	46
Figura 17. Perfil 04: CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático típico.	47
Figura 18. Perfil 05: NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico.	49



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Relações pedomorfológicas da Superfície III da microbacia do Ribeirão Salinas.	40
Tabela 2. Análises físicas dos perfis de solos da microbacia do Ribeirão Salinas.	51
Tabela 3. Análises químicas dos perfis de solos da microbacia do Ribeirão Salinas.	54

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Densidade do Solo	33
Equação 2: Matéria Orgânica do solo	34
Equação 3: Carbono orgânico no solo	35
Equação 4: Soma de bases trocáveis	35
Equação 5: Acidez pontencial	35
Equação 6: Capacidade de Troca Catiônica	36
Equação 7: Saturação por bases	36

# 1 INTRODUÇÃO

Classes de solos com horizonte B textural ou B nítico apresentam grande diversidade nas suas qualidades e limitações quanto ao uso agrícola, principalmente, em razão a sua ocorrência nos mais variados relevos brasileiros (EMBRAPA, 2013).

A região da microbacia do Ribeirão Salinas, situada na Região Administrativa de Sobradinho, Distrito Federal, apresenta unidades geológicas do Grupo Paranoá e do Grupo Canastra. Segundo Freitas-Silva e Campos (1998), a diversidade geológica do Grupo Canastra pode acarretar no desenvolvimento de classes de solos pouco comuns na região do Planalto Central do Brasil.

No Distrito Federal são reconhecidas diferentes classes de solos que requerem práticas de uso e manejo diferenciados (EMBRAPA, 1984). Tal diversidade provém das interações complexas entre os seus fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo (RESENDE *et al.*, 2007). Aliados aos processos pedológicos de evolução, esses fatores de formação são responsáveis por caracterizar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos.

De acordo com Resende *et al.* (2007), as relações estabelecidas entre geomorfologia, geologia e classes de solos possibilitam a elaboração de modelos preditivos da distribuição dos solos em uma paisagem, com fins de apoio ao levantamento, mapeamento e classificação dos solos.

O levantamento pedológico tradicional é um dos instrumentos indicados na caracterização dos solos, o qual busca subdividir áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, que apresentem a menor variabilidade possível, por meio de parâmetros de classificação definidos e das características utilizadas para distinção dos solos em função da escala de mapeamento (EMBRAPA, 1984).

Para Myers (1983), os levantamentos de solos, executados em um nível de detalhamento apropriado, tornam-se imprescindíveis para elaboração e monitoramento das atividades de planejamentos agrícolas e de produção. Informações quanto ao uso do solo e a suas mudanças no decorrer do tempo são condições básicas para melhor definir a sua utilização (ANDERSON *et al.*, 1979).

Como as decisões acerca de adoção de práticas agrícolas se acham dentro de várias unidades individuais de manejo, os mapas devem ser suficientemente detalhados para indicar as áreas de solos com diferenças significativas para um sistema adequado de uso e manejo (BRASIL, 1965). Entretanto, o mapeamento pedológico disponível utilizado pelos profissionais da área no DF corresponde ao levantamento de reconhecimento de alta intensidade, em escala 1:100.000, realizado pela Embrapa em 1978.

A principal limitação do levantamento tradicional de solos é o fato de ser uma atividade onerosa quanto a tempo, custo e mão-de-obra especializada (RESENDE *et al.*, 2007). Porém, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem auxiliado na análise dos recursos naturais por meio da manipulação de dados de diversas fontes, como mapas planialtimétricos, geomorfológicos, geológicos entre outros, com o propósito de combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análises ambientais (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

Segundo Olson (1974), a maior parte dos sistemas técnicos de classificação de solos necessita de constante revisão, mantendo-os sempre atualizados à medida que novos dados são gerados.

Desta forma, no Distrito Federal verifica-se a necessidade de estudos detalhados de solos, que podem ser realizados com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, a fim de gerar dados para estudos pedológicos diversos, particularmente relacionados ao uso e ocupação sustentável das terras.

Birkeland (1984) cita que a integração da geomorfologia, hidrologia e geologia, possibilita uma melhor compreensão dos atributos dos solos e sua distribuição na paisagem, visando proporcionar elementos de predição de sua ocorrência. Klingebiel *et al.* (1987) enfatizam a importância das unidades de relevo em trabalhos de levantamento pedológico, uma vez que as unidades de relevo interferem no tempo de exposição dos materiais, na intensidade e direção do fluxo da água no solo, que regulam as variações nos processos pedogenéticos (CAMPOS *et al.*, 2006).

## **2 OBJETIVO**

Estabelecer as relações pedomorfogeológicas e caracterizar classes de solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra na microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Gerar mapas de caracterização do relevo: classes de declividade e de classes de altimetria, a partir da elaboração do Modelo Digital do Terreno – MDT da microbacia do Ribeirão Salinas, por meio de geotecnologias;
- Definir as relações entre solos, geologia e geomorfologia (relações pedomorfogeológicas) na microbacia do Ribeirão Salinas, por intermédio dos mapas gerados de relevo e mapas disponíveis de geologia e solos;
- Averiguar as relações pedomorfogeológicas estabelecidas por meio das campanhas de campo;
- Caracterizar as classes de solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, de acordo com as relações pedomorfogeológicas definidas.

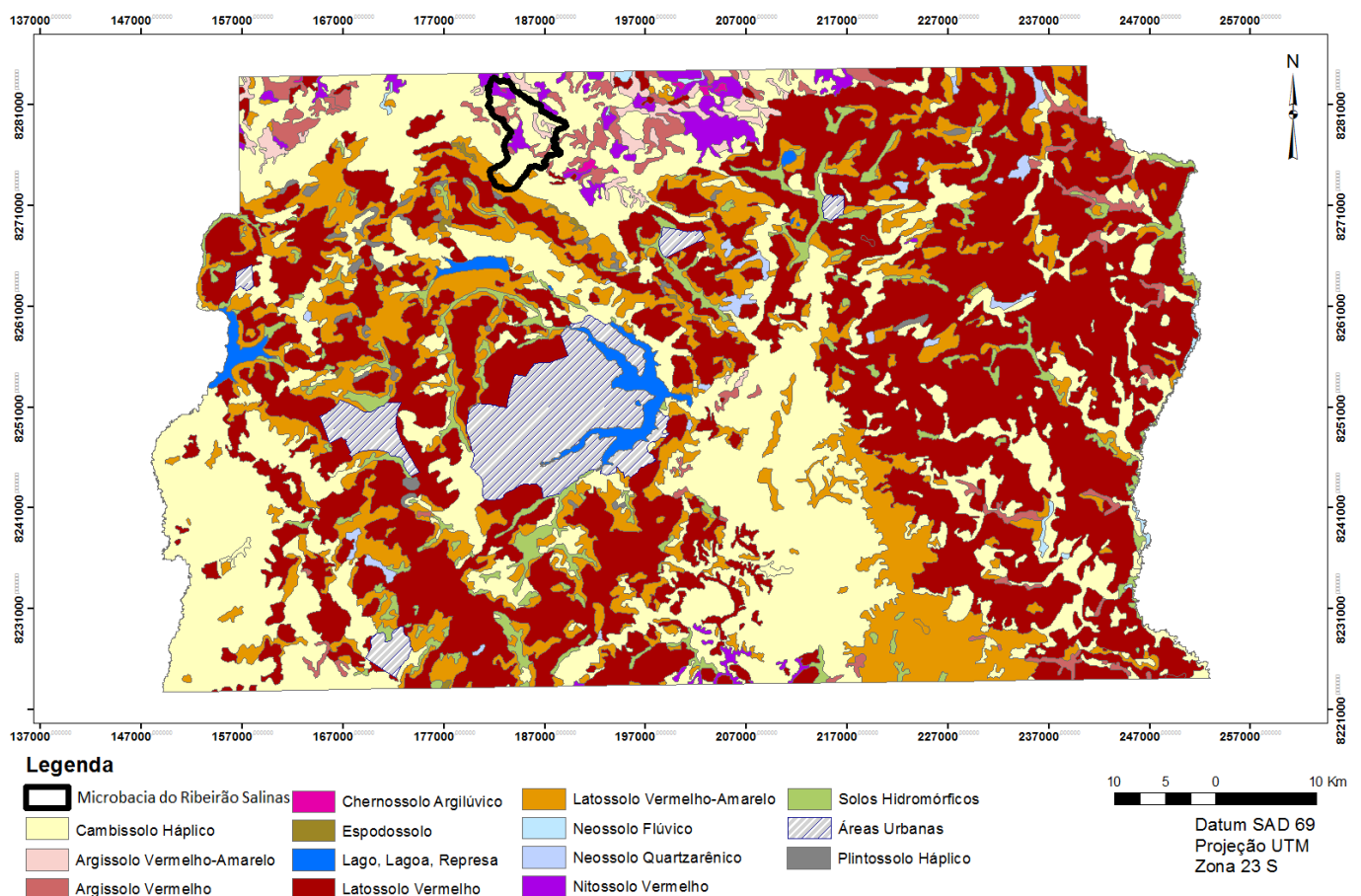
## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Solos no Distrito Federal**

A pedologia é o ramo científico que estuda a formação dos solos e o estabelecimento de uma classificação desde as bases lançadas, em 1880, pelo russo Dorkuchaiev. No Brasil, os levantamentos de solos baseados na pedologia foram incentivados com a criação da Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas do Ministério da Agricultura em 1947, com o Programa de

Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Brasil, que teve início no estado do Rio de Janeiro, cujas publicações estimularam o estudo pedológico em diferentes estados brasileiros (EMBRAPA, 1984).

Com base no Boletim Técnico 53, “Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal” (EMBRAPA, 1978; REATTO *et al.*, 2004) e com a reclassificação dos solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013), as principais classes de solos do DF são: Latossolos Vermelhos (LV - ~39%), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA - ~16%) e Cambissolos (C - ~31%). Demais classes de solos representam um pouco mais que 9%: Argissolos (2,89%); Chernossolos (0,08%); Nitossolos (1,36%); Neossolos Flúvicos (0,18%); Solos Hidromórficos Indiscriminados: Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos; Espodossolos (3,98%); Neossolos Quartzarênicos (0,51%) e Plintossolos (0,4%). O restante da área é representado por superfície aquática e áreas urbanas (5,45%) (Figura 1).



**Figura 1. Mapa da distribuição das classes de solos no Distrito Federal. Fonte: modificado de Embrapa (1978).**

Parte da microbacia do Ribeirão Salinas encontra-se na região da Fercal, um seguimento distinto no que tange a pedologia do Distrito Federal, devido a existência de rochas carbonáticas que proporcionam desenvolvimento de solos atípicos para a região, como: Argissolos, Nitossolos e Chernossolos. De acordo com Embrapa (1978) e Reatto *et al.* (2004), a descrição das classes de solos do Distrito Federal expressa-se da seguinte forma:

### **Latossolos**

São solos altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis ao longo do perfil do solo. Em consequência concentram minerais secundários do grupo da caulinita, óxidos, hidróxidos, oxi-hidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibbsita e outros. O quartzo por ser muito resistente ao intemperismo persiste como mineral primário residual no perfil de alteração, concentrando-se na fração areia.

As formas de relevo predominantes de desenvolvimento dos Latossolos do Distrito Federal são residuais de superfícies de aplainamento, conhecidas regionalmente como Chapadas. Na superfície geomorfológica mais alta da região, cuja topografia apresenta-se plana a suave-ondulada, dominam Latossolos mais intemperizados com maior porcentagem de óxidos de Fe e principalmente óxidos de alumínio na forma de gibbsita. Na superfície geomorfológica com altitudes intermediárias ocorrem os Latossolos originados de depósitos coluvionares e de sedimentos, normalmente, menos intemperizados, mais cauliníticos e vermelhos.

São solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m) apresentando horizonte B latossólico muito espesso (> 50 cm). Possuem sequência de horizonte A, Bw, e C pouco diferenciada com cores variando de vermelha a vermelho-amarelada. A estrutura predominante é muito pequena granular podendo compreender partes com aspecto maciço poroso.

Apresentam baixo teor de silte (entre 100-200 g/kg) e argila (entre 15-80 g/kg). Podem ser excessivamente drenados e acentuadamente drenados, conforme a natureza da textura, da estrutura e da situação topográfica.

São solos com alta permeabilidade, com capacidade de água disponível até 2 m de profundidade variando, em média, de 500-760 mm para os solos de textura muito argilosa, de 300-500 mm para os de textura argilosa e de 260-330 mm para os de textura média.

Quimicamente, mais de 95% dos Latossolos do DF são distróficos e ácidos, com baixa a média capacidade de troca catiônica e níveis de pH em torno de 4,0 a 5,5.

### **Neossolos Quartzarênicos**

Representa a antiga classe das Areias Quartzosas. Geralmente são solos profundos, com pelo menos 2 m (EMBRAPA, 2013) apresentando textura arenosa ou franco-arenosa, constituídos essencialmente de quartzo, com máximo de 15% de argila e sequência de horizontes A-C (EMBRAPA, 2013). A vegetação natural predominante é a de Cerrado e/ou Campo Cerrado.

No Distrito Federal (DF), os Neossolos Quartzarênicos estão relacionados a sedimentos arenosos de cobertura e a alterações de rochas quartzíticas, normalmente em relevo plano ou suave ondulado. Na estrutura morfológica, caracterizam-se por camadas de areia inconsolidada cuja estrutura é muito fraca, pouco coerente e constituída basicamente por grãos simples. Fisicamente são muito porosos, excessivamente drenados e com uma capacidade de água disponível até 2 m de profundidade variando em média de 70 mm a 200 mm. Quimicamente apresentam baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas, além de não disporem de reservas nutricionais que possam ser liberadas de forma gradual, sendo, em geral, álicos ou distróficos, com baixa capacidade de retenção de cátions.

São solos muito suscetíveis à erosão e, quando ocorrem em cabeceiras de drenagem e adjacentes a mananciais, devem ser destinados à preservação.



## **Cambissolos**

São solos que apresentam horizonte subsuperficial submetido a pouca alteração física e química, insuficiente para caracterização de um processo pedogenético específico. Em geral, apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis, teores mais elevados de silte, indicando baixo grau de intemperização. Seu horizonte subsuperficial é denominado B incipiente. Geralmente estão associados a relevos mais movimentados (forte-ondulados a montanhosos). Variam desde rasos a profundos, atingindo entre 0,2 m a 1,0 m de espessura.

São solos de coloração, geralmente bruno-amarelada no horizonte superficial e vermelho-amarelada no subsuperficial. A estrutura é bastante variável, predominando blocos subangulares. Em alguns perfis, observa-se a presença de cascalhos e material concrecionário. Apresentam textura variada, desde muito argilosa até franco-arenosa. Quimicamente, no geral são distróficos em função do material de origem já pré-intemperizado, uma vez que na região predominam rochas meta-sedimentares.

## **Argissolos**

Formam uma classe de solos bastante heterogênea que tem em comum o incremento substancial no teor de argila em profundidade e/ou evidências de iluviação de argila do horizonte A para o horizonte Bt, expressas na forma de cerosidade. Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de cores avermelhadas a vermelho-amareladas, com tendência à tonalidade escura e teores de óxidos de ferro inferiores a 15%.

Ocupam, na paisagem do Distrito Federal, a porção inferior das encostas, em geral naquelas côncavas onde o relevo apresenta-se ondulado ou forte ondulado.

Morfologicamente, o horizonte Bt é mais argiloso e estruturado que o horizonte A. O gradiente de textura implica permeabilidade diferenciada dentro do perfil do solo, podendo levar à formação de erosões em sulcos no horizonte A. É comum encontrar Argissolos com horizonte A decapitado.

Em relação à estrutura física, apresentam profundidade e textura variáveis. Quimicamente podem ser eutróficos (em geral os mais vermelhos) ou distróficos, apresentam argila de atividade baixa (Tb), em geral, com poucos minerais primários facilmente intemperizáveis, em função do material de origem meta-sedimentar.

De maneira geral, esses solos são bastante variáveis quanto à fertilidade natural, que é dependente do tipo de material de origem e ambientes de ocorrência.

### **Chernossolos**

Corresponde à antiga classe dos Brunizéns Avermelhados. Estão associados a relevos mais movimentados e a rochas calcárias e calciossilicatadas. Morfologicamente, possuem horizonte A chernozêmico, bem espesso superior a 40 cm, muito rico em matéria orgânica, sob um horizonte B textural avermelhado, com argila de atividade alta e saturação por bases superior a 65%. Portanto, caracterizam-se como Chernossolos Argilúvicos.

### **Nitossolos**

Os Nitossolos do Distrito Federal são derivados de rochas calcárias e calciossilicatadas e ocupam as porções médias a inferiores de encostas onduladas até forte-onduladas. Em relação à estrutura, apresentam semelhanças com os Argissolos, porém, com gradiente textural menos expressivo (relação dos teores de argila B/argila A  $< 1,5$ ), o que caracteriza o horizonte diagnóstico B nítico. Apresentam coloração vermelho-escuro tendendo a arroxeadado. Possui estrutura, de modo geral, bem desenvolvida no horizonte B nítico, sendo do tipo prismática ou em blocos subangulares. Em geral, a cerosidade é abundante.

A textura é argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil, com reduzido gradiente textural entre o horizonte A e Bt. São porosos e apresentam boa drenagem. Quimicamente, na sua maioria, são eutróficos e muito utilizados na agricultura e pecuária. Visto que, ocupam, em geral, relevos ondulados e forte-ondulados e, devido

ao uso agrícola, ficam expostos à erosão. A vegetação original, quando remanescente, mais comum é a Mata Seca Semidecídua.

### **Plintossolos**

São solos com séria restrição à percolação de água, encontrados em situações de alagamento temporário. São típicos de regiões quentes e úmidas com estação seca definida, oscilando de 5 a 6 meses. Ocorrem em relevo plano e suave ondulado, em áreas deprimidas e nos terços inferiores de encostas onde há importante movimentação lateral de água.

Morfologicamente, apresentam horizonte de subsuperfície com manchas avermelhadas distribuídas no perfil, de aspecto variegado (resultado da concentração diferencial de mineralogia de óxidos de ferro do solo), chamadas de plintitas, que caracterizam o horizonte diagnóstico plíntico, de forma às vezes compacta, é bem visível devido ao seu aspecto multicolorido, de cores contrastantes, ficando realçadas as partes mais vermelhas formadas pela plintita. Esta é submetida a ciclos de umedecimento e secagem, podendo torna-se endurecida de maneira irreversível, transformando-se gradualmente em petroplintita. Plintossolos com essas características são chamados de Plintossolos Pétricos.

As principais limitações físicas estão relacionadas com a profundidade do horizonte plíntico, pois, quando a plintita ou a petroplintita são mais rasas, formam uma camada contínua e espessa, havendo sérias limitações quanto à permeabilidade e à restrição ao enraizamento das plantas. São solos que apresentam grande variabilidade em suas propriedades químicas. Na região do Distrito Federal, são distróficos e com teor variado de carbono orgânico no horizonte superficial.

### **Solos Hidromórficos Indiscriminados – Gleissolos Háplicos, Gleissolos Melânicos**

São solos que ocupam geralmente as depressões da paisagem, sujeitas à inundações. Apresentam drenagem dos tipos: mal drenado ou muito mal drenado, ocorrendo, com frequência, horizonte superficial espesso, escuro, rico em matéria

orgânica, geralmente mal decomposta sobre um horizonte acinzentado (horizonte glei), resultante do ambiente de redução. A variação nas classes de solos hidromórficos corresponde ao tipo de horizonte A. No Gleissolo Melânico (antiga classe Glei Húmico) esse horizonte tem de 20 a 40 cm de espessura, apresentando-se de coloração escura, com grande quantidade de matéria orgânica, constituindo horizonte A húmico. No Gleissolo Háplico (antiga classe Glei Pouco Húmico) o horizonte A é de coloração mais clara e mais pobre em matéria orgânica.

Os tipos de vegetação associados aos solos hidromórficos são: Campos Limpos Úmidos (Campos de Várzea), Buritizais (Campo Higrófilo de Surgente) e Matas de Galeria. Estão localizados em áreas de várzeas normalmente com vegetação de Vereda, Campos Higrófilos ou Hidrófilos em relevo plano que permite o acúmulo de água durante todo o ano ou maior parte dele. Podem ocorrer em cabeceiras de rios ou córregos e também ao longo das planícies de inundação destes. Os Gleissolos formam-se de sedimentos, com presença de lençol freático próximo à superfície na maior parte do ano. Os perfis destes solos apresentam sequência de horizontes A, Cg com predominância de cores preta no horizonte A e cinzento-claras nos horizontes Cg.

Apresentam textura bastante variável ao longo do perfil. Quando argilosos ou muito argilosos, sua consistência é plástica e pegajosa.

Quimicamente podem ser ricos ou pobres em bases ou com teores de alumínio elevados por estarem posicionados em áreas sujeitas a contribuições de material de origem diversificado, transportado das posições mais elevadas, uma vez que são formados em terrenos de recepção ou trânsito de produtos transportados.

### **Neossolos Flúvicos**

Esses solos compreendem a antiga classe dos solos Aluviais. São solos não hidromórficos, formados a partir de depósitos aluviais recentes, constituídos por uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si, normalmente em relevo plano e desenvolvem-se nas margens das drenagens.

### 3.2 Geologia do Distrito Federal

O Distrito Federal localiza-se na região central da Faixa de Desdobramento e Cavalgamentos Brasília, composta por quatro conjuntos litológicos: Grupo Paranoá, Grupo Canastra, Grupo Araxá e Grupo Bambuí (CAMPOS *et al.*, 1998).

O Grupo Canastra, de idade Meso-Neoproterozoica (FREITAS-SILVA e DARDENNE, 1994), ocupa cerca de 15% da área total do DF, sendo distribuído pelos vales dos rios São Bartolomeu (na porção central do DF) e Maranhão (na porção centro-norte do DF). É constituído por rochas metamórficas de baixo grau, do fácies xisto verde, composto predominantemente por filitos com ocasionais lentes de quartzitos. As rochas desse grupo afloram por mais de 650 quilômetros, desde o sudoeste de Minas Gerais até a região sudeste de Goiás, ocorrendo predominantemente na porção centro-norte do DF. Além dos filitos, há ocorrência de rochas calciossilicatadas e mármore ou meta-calcários finos cinza-claro e quartzitos finos silicificados e cataclasados na forma de lentes decamétricas (FREITAS-SILVA e DARDENNE 1994).

De acordo com a figura 2, a microbacia do Ribeirão Salinas abrange os grupos geológicos Canastra e Paranoá:

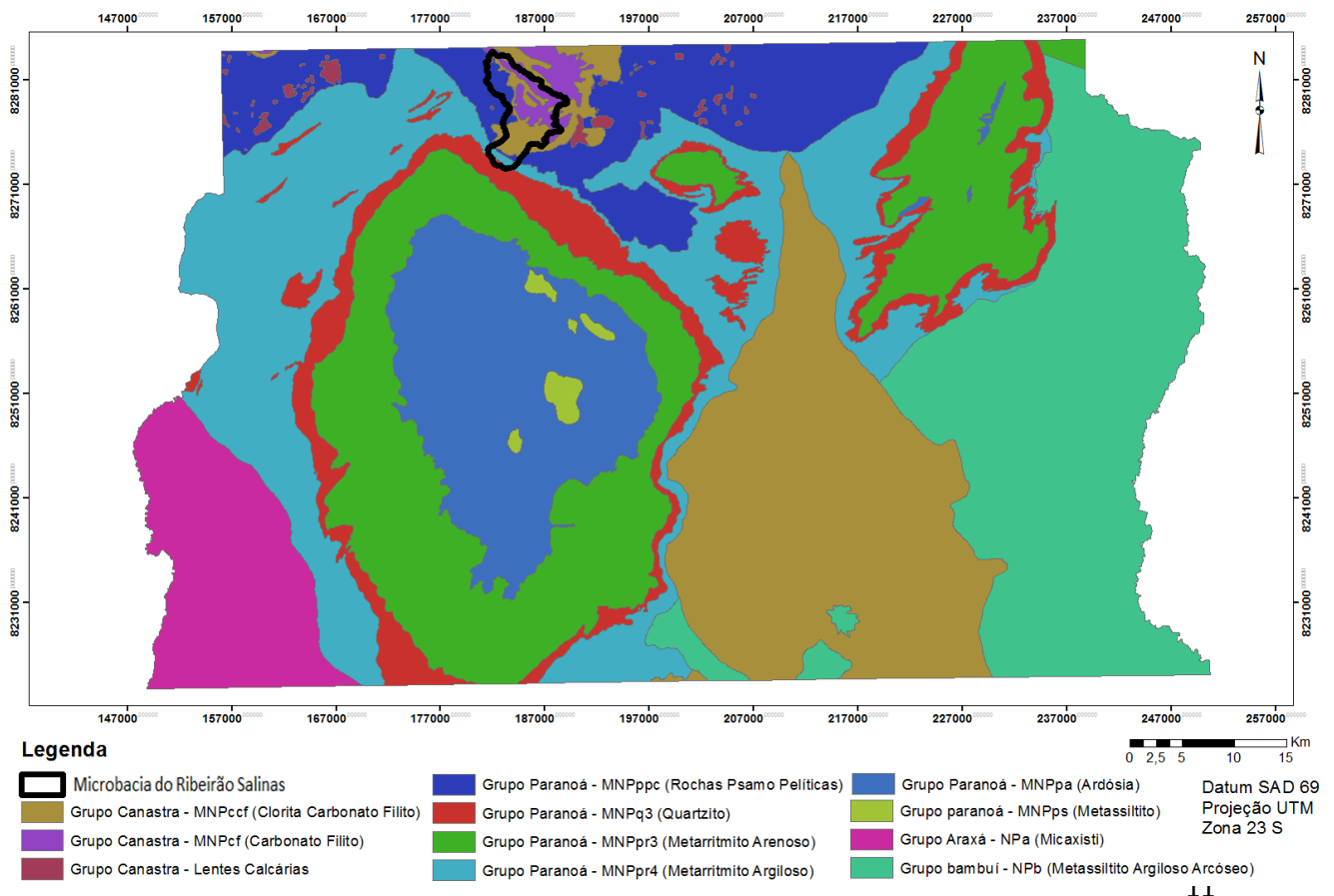
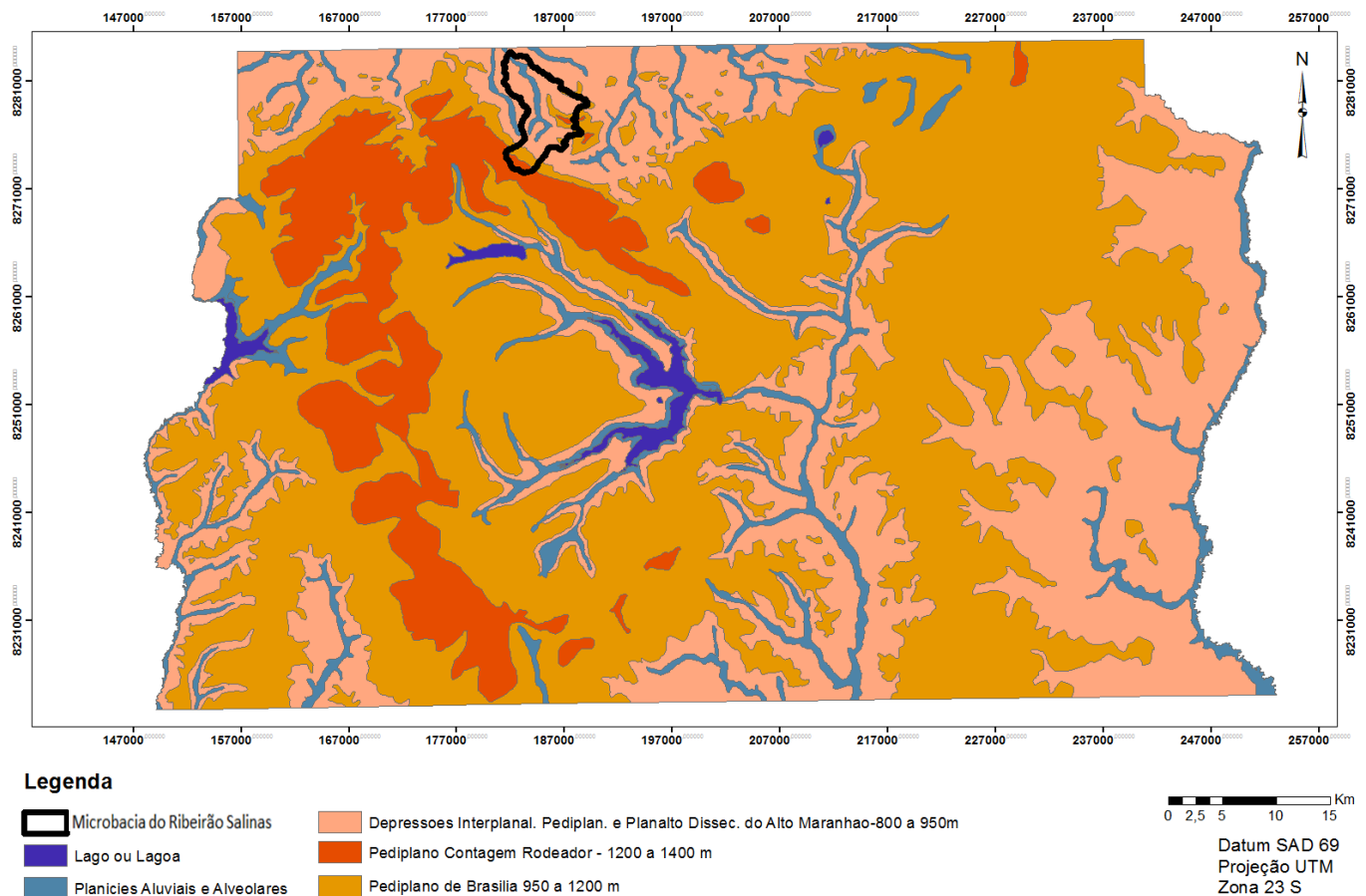


Figura 2. Mapa geológico do Distrito Federal. Fonte: Freitas-Silva e Campos (1998).

### 3.3 Geomorfologia do Distrito Federal

No Distrito Federal, a compartimentação geomorfológica é dividida em Pediplano Contagem-Rodeador, Pediplano Brasília, Depressões Interplanálticas e Planícies Dissecadas (Figura 3). Tais separações foram individualizadas segundo critérios genéticos e morfológicos (CODEPLAN, 1984):



**Figura 3. Mapa geomorfológico do Distrito Federal. Fonte: Codeplan (1984).**

O Pediplano Contagem-Rodeador é representado por chapadas, chapadões e interflúvios tabulares e possui as cotas mais elevadas, entre 1200 m e 1400 m.

O Pediplano de Brasília situa-se no Pediplano Contagem-Rodeador por uma nítida ruptura que aparece na paisagem sob a forma de degraus. Ocupa extensa área com cotas que entre 950-1.200 m e há predominância de chapadas, chapadões e interflúvios tabulares cobertos por materiais oriundos das áreas mais altas.

As Depressões Interplanálticas e o Planalto Dissecado do Alto Maranhão abrangem áreas menores e mais baixas que os demais compartimentos, com altitudes entre 750-900 m.

As planícies aluviais e alveolares correspondem às áreas mais baixas e de formação mais recente. O relevo apresenta formas planas elaboradas sobre sedimentos fluviais.

Segundo Novaes Pinto (1994), a paisagem natural do Distrito Federal divide-se em três grandes macrounidades geomorfológicas. Essas estruturadas de acordo com as suas similaridades morfológicas e genéticas descritas a seguir:

- Região de Chapada: ocupa cerca de 34% da área do DF, possui topografia plana a plano-ondulada com cota superior a 1.000 m, destaque para a Chapada da Contagem. Desenvolve-se sobre ardósias, filitos, micaxistos e quartzitos.
- Área de Dissecação Intermediária: ocupa aproximadamente 31% do DF. Representa as áreas drenadas por pequenos córregos, fracamente dissecadas e desenvolvidas sobre ardósias, filitos e quartzitos.
- Região Dissecada de Vale: ocupa cerca de 35% do DF e corresponde às depressões de litologias.

Já Martins e Baptista (1998) propuseram três grandes compartimentos geomorfológicos para DF:

- Chapadas Elevadas: relevos planos, altitudes acima de 1.135 m;
- Planos Intermediários (Rebordos): formas com diversos graus de dissecação, altitudes de 1.080 a 1.135 m;
- Planícies: feições de dissecação mais recente, altitudes abaixo de 1.080 m.

Em estudos mais recentes, Motta *et al.* (2002) apresentam três superfícies geomorfológicas para a região do Cerrado, descritas a seguir:

- Primeira Superfície: composta pelas chapadas atuais, com declives menores que 3%, topos esculpidos em espessa cobertura de sedimentos terciários (BRASIL, 1983) com elevação entre 1.000 e 1.100 m de altitude e bordas salientes recobertas em quase toda a extensão por espessa camada de canga laterítica. Nessa superfície encontram-se solos com grande quantidade de calhaus, cascalhos e matações de petroplintita entremeados com material latossólico.

- Segunda Superfície: encontra-se na base da encosta que a separa da primeira superfície. É comum a ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo, em cujos perfis ocorrem leitos de concreções lateríticas individualizadas e arredondadas.
- Terceira Superfície: caracteriza-se por uma topografia mais acidentada, com predominância de relevos ondulados e forte ondulados, corresponde às áreas de dissecação mais recente. Os solos encontrados são: Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, Nitossolos Vermelhos eutroféricos e Neossolos Litólicos.

### **3.4 Fases do relevo da microbacia do Ribeirão Salinas, DF**

As fases de relevo da microbacia do Ribeirão Salinas foram classificadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013), que abrange quatro fases do relevo descritas a seguir:

- Plano: superfície de topografia lisa ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades inferiores a 3%.
- Suave Ondulado: superfície de topografia ligeiramente movimentada, constituída por conjunto de pequenas colinas ou outeiros, ou sucessão de pequenos vales pouco encaixados (rasos), configurando pendentes ou encostas com declives entre 3 até 8%.
- Ondulado: superfície de topografia relativamente movimentada, constituída por conjunto de medianas colinas e outeiros, ou por interflúvios de pendentes curtas, formadas por vales encaixados, configurando em todos os casos pendentes ou encostas com declives maiores que 8% até 20%.
- Forte Ondulado: superfície de topografia movimentada, com desníveis fortes, formadas por conjunto de outeiros ou morros, ou por superfície entrecortada por vales profundos, configurando encostas ou pendentes com declives maiores que 20% até 45%.



### 3.5 Solos com horizonte B textural ou B nítico

Na formação dos solos ocorre reações físicas, químicas e biológicas que determinam os diferentes horizontes com suas características peculiares. O SiBCS (EMBRAPA, 2013) define os horizontes diagnósticos B textural e B nítico como:

- Horizonte B textural – horizonte mineral subsuperficial com textura franco arenosa ou mais fina, onde houve incremento de argila (fração  $<0,002\text{mm}$ ), orientada ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade de material originário. O conteúdo de argila do horizonte B textural é maior que o do horizonte A ou E e pode, ou não, ser maior que o do horizonte C. A cerosidade é outro aspecto considerado na identificação do B textural; constituída por revestimentos de materiais coloidais minerais, quando bem desenvolvidos, são facilmente perceptíveis pela aparência lustrosa na forma de preenchimento de poros e revestimentos de unidades estruturais. No entanto, a simples ocorrência de cerosidade pode não ser adequada para caracterizar o horizonte B textural, sendo necessário conjugá-la com outros critérios auxiliares. Por esta razão, a cerosidade deverá apresentar-se em diferentes faces das unidades estruturais e não, exclusivamente nas faces verticais.

Pode-se dizer que um horizonte B textural se forma sob um horizonte ou horizontes superficiais, e apresenta espessura que satisfaça uma das condições a seguir:

- a) Possuir pelo menos 10% da soma das espessuras dos horizontes subjacentes e no mínimo 7,5cm; ou
- b) 15cm ou mais, se os horizontes A e B somarem mais que 150cm; ou
- c) 15cm ou mais, se a textura do horizonte E ou A for areia franca ou areia; ou
- d) Se o horizonte B for inteiramente constituído por lamelas, estas devem ter, em conjunto, espessura superior a 15cm; ou
- e) Se a textura for média ou argilosa, o horizonte B textural deve ter espessura de pelo menos 7,5cm.

Em adição a isto, para caracterização de um horizonte B textural devem ocorrer uma ou mais das seguintes características:

f) Presença de horizonte E no sequum, acima do horizonte B considerado, desde que o B não satisfaça os requisitos para horizonte B espódico, plântico ou plânico;

g) Grande aumento de argila total do horizonte A para o B, o suficiente para caracterizar uma mudança textural abrupta; ou

h) Incremento de argila total do horizonte A para B, dentro de uma seção de controle definida em função da espessura do horizonte A, suficiente para que a relação textural B/A satisfaça uma das alternativas abaixo:

1) Solos com mais de 400g de argila/kg de solo no horizonte A, relação maior que 1,50; ou

2) Solos com 150 a 400g de argila/kg de solo no horizonte A, relação maior que 1,70; ou

3) Solos com menos de 150g de argila/kg de solo no horizonte A, relação maior que 1,80.

i) Quando o incremento de argila total do horizonte A para o B for inferior ao especificado no item h, o horizonte B textural deve satisfazer a uma das seguintes condições:

1) Solos de textura média ou arenosa/média, com ausência de macroagregados devem apresentar argila iluvial, representada por cerosidade moderada, sob forma de revestimentos nos grãos individuais de areia, orientada de acordo com a superfície dos mesmos ou formando pontes ligando os grãos.

2) Solos com horizonte B de textura média e com estrutura prismática ou em blocos moderada ou mais desenvolvida devem apresentar cerosidade no mínimo moderada em um ou mais sub-horizontes, da parte superior do B.

3) Solos com horizonte B de textura argilosa ou muito argilosa e com estrutura prismática ou em blocos devem apresentar cerosidade no mínimo comum e moderada em um ou mais sub-horizontes, da parte superior do B.

4) Solos com relação textural B/A igual ou maior que 1,4, conjugado com presença de fragipã dentro de 200cm da superfície, desde que não satisfaça os requisitos para B espódico.

j) Se o perfil apresentar descontinuidade de material originário entre os horizontes A ou E e o B textural (principalmente solos desenvolvidos de materiais recentes, como sedimentos aluviais) ou se somente uma camada arada encontra-se acima do B textural, este necessita satisfazer um dos requisitos especificados nos itens h e/ou i.

- Horizonte B nítico – horizonte mineral subsuperficial, não hidromórfico, com espessura de 30cm ou mais, a não ser que o solo apresente contato lítico nos primeiros 50cm de profundidade, quando deve apresentar 15cm ou mais de espessura. Textura argilosa a muito argilosa, sem incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial ou com pequeno incremento, traduzido em relação textural B/A sempre inferior a 1,5. Apresentam ordinariamente argila de atividade baixa ou caráter alítico. A estrutura, de grau de desenvolvimento moderado ou forte, é em blocos subangulares ou angulares ou prismática, que pode ser composta de blocos, pode estar associada a cerosidade em quantidade no mínimo comum. Apresentam transição gradual ou difusa entre os sub-horizontes do horizonte B.

Camargo *et al.* (1987) descrevem que no território brasileiro, até 1999, os solos muito intemperizados, bem drenados, profundos, com pouco gradiente textural e com textura argilosa ou muito argilosa, poderiam ser classificados como solos com B latossólico ou solos com B textural.

Porém, para esses solos argilosos que houvesse cerosidade e agregação em blocos no horizonte B e com a relação textural abaixo do exigido para os demais solos com B textural, admitiu-se na classificação um tipo especial de B textural com a premissa de que esses solos teriam um comportamento físico-hídrico diferente dos Latossolos argilosos. Baseado no conceito de *nitic properties* e da classe dos *Nitisols* do *World Reference Base* (FAO, 1998), criou-se o horizonte B nítico para substituir o antigo B textural das Terras Roxas Estruturadas e outros solos afins, os quais passaram a ser incluídos na ordem dos Nitossolos (COOPER e VIDAL-TORRADO, 2005).

Da extinta ordem dos Alissolos, desmembrou-se duas importantes classes de solos: Argissolos e Nitossolos (EMBRAPA, 2013). A ordem dos Argissolos engloba solos com horizonte B textural, normalmente com argila de atividade baixa e ocorrência de argila de atividade alta, conjugada com o caráter alítico, ou seja, apresentam no

horizonte B ou C argila de atividade  $\geq 20$  cmolc/kg de argila, sem correção para carbono, e alto conteúdo de alumínio extraível  $Al^{3+} > 4$  cmol/kg de solo.

A ordem dos Nitossolos engloba solos com horizonte B nítico, argila de atividade normalmente baixa ou com ocorrência do caráter alítico. Além disso foi estabelecido, que a partir do horizonte A, o teor de argila deve ser maior que 350 g/kg e o gradiente textural menor que 1,5.

No trabalho de Martins *et al.* (2002), as classes de solos Argissolo, Chernossolo e Nitossolo presentes na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal, são abordados em associação às bases de morros, desenvolvidas a partir rochas pelito carbonatadas. Moniz (1998) afirma que essas condições propiciam a formação de horizonte B textural, por eluviação e translocação lateral.

### **3.6 Relações entre solos, material de origem e relevo**

A dinâmica de formação de diferentes solos está vinculada, principalmente, à grande diversidade geológica e ao relevo por meio da declividade (ANDRADE *et al.*, 1998). Classes distintas de solos são desenvolvidas de acordo com a diferenciação petrológica do material originário (LACERDA *et al.*, 2000).

Estudos que abordam a interação entre geomorfologia, geologia e classes de solos fornecem dados relevantes na compreensão da distribuição dos solos na paisagem de uma região (CAMPOS *et al.*, 2006), além de oferecerem elementos de predição dos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos formados (RESENDE *et al.*, 2007).

A avaliação dessas interações mútuas entre fatores de formação do solo pode permitir a elaboração de modelos prévios da distribuição dos solos em uma dada paisagem, auxiliando, por sua vez, os trabalhos convencionais de levantamento, mapeamento e classificação de solos (LACERDA e BARBOSA, 2012).

Para a caracterização ambiental de uma área é necessário o conhecimento dos seus recursos naturais e o entendimento da correlação entre eles. O levantamento e mapeamento de solos são atividades importantes no diagnóstico de uma área, uma vez que a pedosfera encontra-se em contato com a atmosfera, biosfera, hidrosfera e

geosfera, podendo, então, ser considerado uma excelente ferramenta na estratificação de ambientes (RESENDE *et al.*, 2007).

De acordo com Lacerda *et al.* (2005), no DF tem-se observado que os Latossolos ocorrem em declividades de 0 a 12%, os solos com horizonte B textural de 12 a 45% e a presença de Cambissolos e Neossolos Litólicos em declividades > 45%. Classes distintas desses solos são desenvolvidas de acordo com a diferenciação petrológica do material originário.

Apesar dos solos do Cerrado serem descritos geralmente como profundos, pobres em nutrientes e em minerais primários de fácil intemperização e localizados em áreas planas a suave onduladas, ocorrem também solos rasos, principalmente Cambissolos e Neossolos Litólicos, situados em áreas acidentadas e que, embora comumente álicos, podem ser inclusive eutróficos (RESENDE *et al.*, 1988). Nas áreas de relevo mais movimentado podem ser também encontrados outros solos eutróficos (Argissolos e Nitossolos) geralmente relacionados com a proximidade de um material de origem mais rico (KER e RESENDE, 1996).

De acordo com Motta *et al.* (2002), independente da natureza do substrato rochoso, os solos da denominada primeira superfície geomorfológica mostram uma distribuição condicionada, sobretudo pela variação do regime hídrico ao longo das vertentes suaves. Essa se estende na forma de plano inclinado a partir das bordas da primeira superfície em direção aos cursos d'água principais. Já os solos da segunda superfície geomorfológica apresentam características mais variáveis em função de uma maior influência do substrato rochoso. Essa se estende na forma de plano inclinado a partir das bordas da primeira superfície em direção aos cursos d'água principais.

Na terceira superfície geomorfológica, Motta *et al.* (2002) descreve dois compartimentos de solos: um erosional e uma pequena zona deposicional. No primeiro predominam as classes de solos: Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, Nitossolos Vermelhos eutróficos, este último associado a afloramentos de rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu, além de Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos. A forte relação entre atributos pedológicos e geológicos proporciona características bem mais variáveis aos solos da terceira superfície, como a ocorrência de solos álicos, distróficos e eutróficos, com teores de Fe e Ti bastante distintos, e textura desde média até muito argilosa.

Há, todavia, tendência dos solos com horizonte B textural e B nítico apresentarem conteúdos de argila mais altos, acima de 45%, e elevadas soma e saturação por bases. Os Cambissolos Háplicos e os Neossolos Litólicos, ao contrário, caracterizam-se quase sempre pela baixa fertilidade natural, apresentando elevada saturação por alumínio. A ocorrência de calhaus e cascalhos, constituindo fase pedregosa, é também muito comum nesses solos; são raros os Cambissolos que não apresentam, pelo menos, cascalhos.

### **3.7 Geoprocessamento**

Segundo Xavier-da-Silva (1992) e Moura (2003), geoprocessamento é um ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base de dados referenciada territorialmente, usando recursos analíticos, gráficos e lógicos, para a obtenção e apresentação das transformações desejadas.

Moura (2003) ainda afirma que a palavra Geoprocessamento é o hibridismo do termo grego *gew* (Terra) com o termo latino *processus* (progresso, “andar avante”), significando implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na representação da superfície da Terra.

O geoprocessamento utiliza-se de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (CÂMARA *et al.*, 2004).

#### **3.7.1 Sistema de Informação Geográfica - SIG**

Os SIGs permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados e, ainda possível, a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA *et al.*, 2004). Burroughs (1989) completa a definição como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real.

Medeiros e Câmara (2002) citam as principais características dos SIGs:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Bolfe (2001) aponta alguns ramos passíveis de serem trabalhados nos SIGs, são eles: dados geocodificados; superposição de informações temáticas das mais variadas áreas; estruturação de dados geoambientais, políticos, sociais e econômicos; definição do uso das terras; avaliação da percentagem de cobertura temática (agricultura, floresta, campos, lâmina de água, entre outras) em uma região; determinação de locais para instalação de complexos industriais, portos, barragens e avaliação da tendência de crescimento urbano; dentre outros.

Rosa e Brito (1996) mencionam que o SIG tem a função de colaborar como um instrumento eficiente para as mais diversas áreas que adotam o uso de informações georreferenciadas, propondo assim, integrar em uma única base de dados representações de vários aspectos de estudo de uma região, tais como solos, geologia, hidrografia, declividade, entre outros.

Casanova *et al.*, (2005) apontam que a principal diferença de um SIG para um Sistema de Informação Convencional é sua capacidade de armazenar os atributos descritivos e as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.

Com base na premissa que todos os dados são armazenados e processados, Rocha (2000) sugere uma subdivisão para o SIG em dois subsistemas distintos: dados gráficos (espaciais e geográficos), que descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição) e dados não-gráficos (descritivos), que descrevem os atributos das características geográficas em avaliação.

O *software* ArcGIS constitui um SIG desenvolvido para a criação, gestão, integração e análise de dados geográficos, a fim de oferecer uma grande flexibilidade mediante a aquisição de módulos do sistema para realizar operações específicas e a instalação em um único posto de trabalho ou uma rede global de utilizadores (HOLANDA, 2008).

### **3.7.2 Modelo Digital de Terreno – MDT**

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) representa o comportamento de um fenômeno que ocorre em uma região da superfície terrestre, por meio das coordenadas X, Y e Z (ROCHA, 2000). Os dados de um MDT, desenvolvidos em um SIG, são de fundamental importância em aplicações de geoprocessamento. Esses modelos são obtidos a partir de uma amostragem, cujas amostras são processadas de forma a criar modelos digitais que vão representar a variabilidade espacial do fenômeno dentro da região de interesse (FELGUEIRAS, 2005).

As análises desenvolvidas sobre um modelo digital de terreno permitem:

- Visualizar os modelos em projeção geométrica planar;
- Gerar imagens de nível de cinza, imagens sombreadas e imagens temáticas;
- Calcular volumes de aterro e corte;
- Realizar análises de perfis sobre trajetórias predeterminadas;
- Gerar mapeamentos derivados, tais como: mapas de declividade e exposição de vertentes, classes de hipsometria, de drenagem, de curva de nível e de visibilidade.

Além do mais, os produtos das análises podem ser integrados com outros tipos de dados geográficos objetivando o desenvolvimento de diversas aplicações de geoprocessamento (FELGUEIRAS, 2005).

## **3.8 Geoprocessamento na distribuição de solos na paisagem**

O conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial formam uma informação geográfica (ROCHA, 2000), dispostas em planilhas alfanuméricas, matrizes e representações gráficas vetoriais. Para que essas informações sejam submetidas ao processamento computacional, a cada tipo de informação é associado um valor numa escala de medida ou referência, o que insere a representação dos fenômenos geográficos na lógica dos sistemas de informação. São exemplos de usos do Geoprocessamento:



- Determinação da aptidão agrícola dos solos com os dados extraídos de mapas de solo, de classes de declividade, de precipitação de determinada região submetidos a uma escala de medida de qualidade;
- Indicação de suscetibilidade à urbanização: a inclinação do relevo e ocorrência de classes de solos conjugada ao uso e à ocupação das terras permite a definição de áreas vulneráveis à expansão urbana, caracterizadas por relevo de baixa inclinação e próximas a áreas já ocupadas (FLORENZANO, 2002);
- Definição da taxa de expansão urbana: delimitação e cálculo do tamanho da área urbana identificada em imagens de satélite do mesmo sensor e local, datadas sucessivamente (FLORENZANO, 2002).

Por meio das geotecnologias, a confecção de mapas pedológicos tem sido realizada em escalas mais detalhadas de acordo com o estabelecimento de modelos de distribuição de solos na paisagem por meio de relações pedomorfológicas (LACERDA e BARBOSA, 2012).

Tais relações foram analisadas por Lacerda *et al.* (2005), que buscaram o detalhamento e a maior hierarquização das classes de solos com base no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2013) do mapa pedológico do DF realizado em Embrapa (1978). Foi realizado o mapeamento de solos de uma área-piloto do DF, em escala de 1:25.000, elaborado por técnicas de geoprocessamento, envolvendo classes de relevo e geologia. Foi, também, realizada a avaliação da vegetação nativa associada às diferentes classes de solo, com a caracterização de pedo-ambientes por meio de análises de imagens orbitais.

A análise digital do terreno torna-se um instrumento ágil e econômico que pode ser aplicado para a quantificação e classificação do relevo, permitindo definir as unidades morfológicas da paisagem. De modo geral, os métodos que organizam a superfície terrestre mediante um modelo morfológico mostram potencial para melhorar a predição de ocorrência dos tipos de solos, visto que a posição na paisagem influencia os processos de formação e os atributos pedológicos (IPPOLITI *et al.*, 2005).

Vários autores como Moore *et al.* (1993), Miranda *et al.* (1999), Ippoliti *et al.* (2005), Lacerda *et al.* (2009) e Barbosa *et al.* (2010) confirmam a eficiência da utilização de geoprocessamento nos trabalhos de distribuição de solos na paisagem.

Em 2009, Lacerda *et al.* exemplificaram a eficiência do MDT no estabelecimento das relações pedomorfogeológicas na análise das classes de solos na região de Lavras - MG.

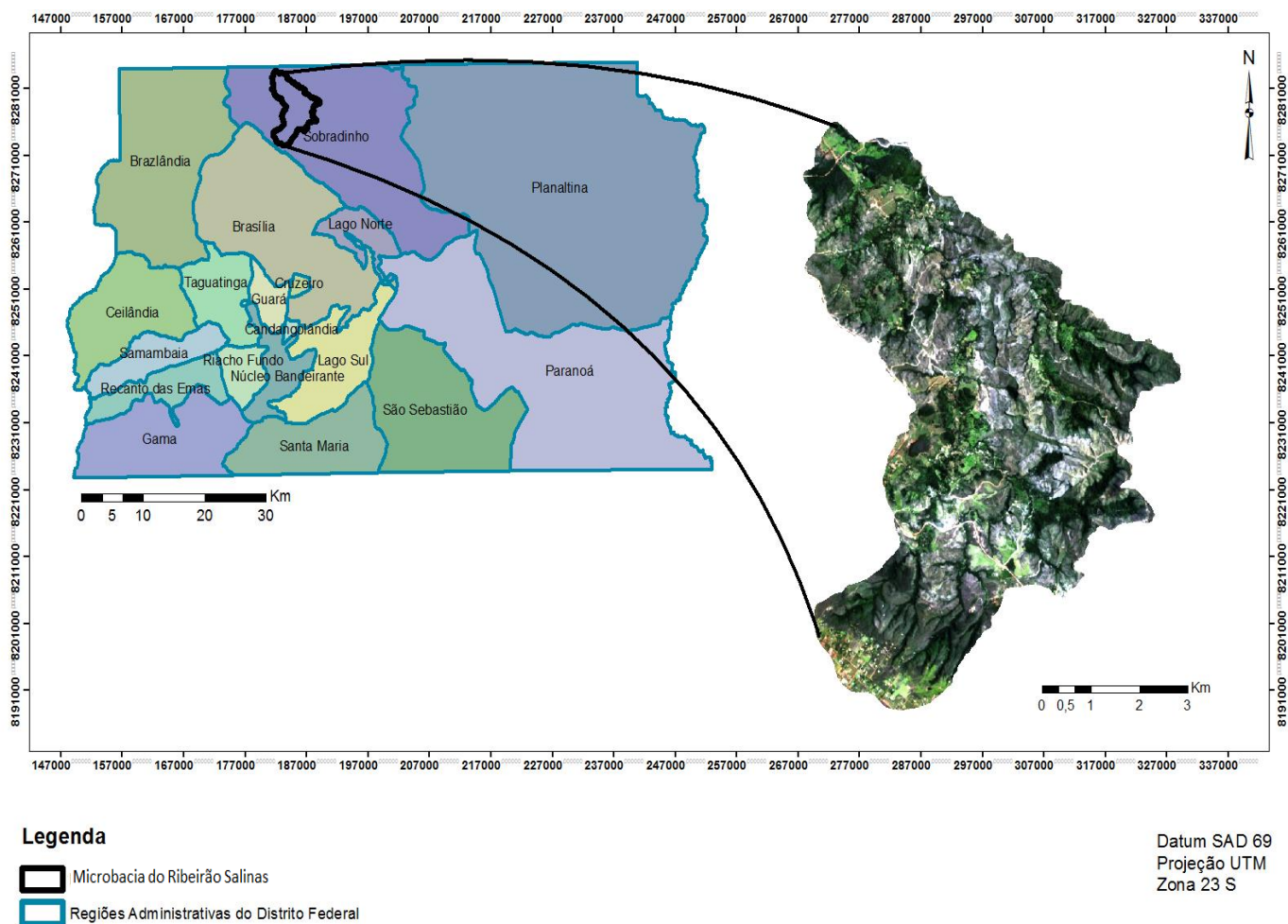
Já Neumann (2012), em seu trabalho de mapeamento digital de solos do Distrito Federal, constatou que em uma abordagem de regressão linear múltipla a utilização da declividade, litologia e altitude – elementos oriundos de um modelo digital de elevação – alcançou resultados satisfatórios no mapeamento de solos do DF.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da área de estudo**

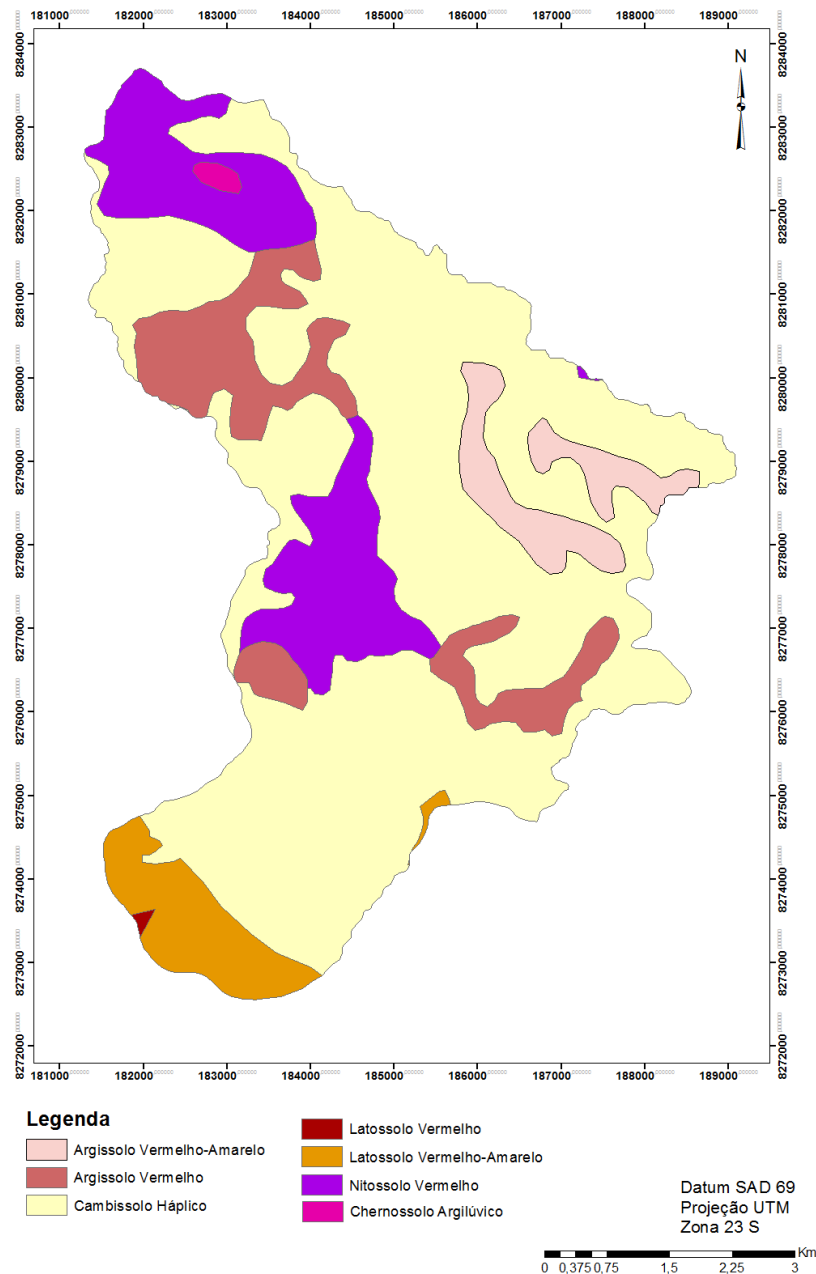
#### **4.1.1 Localização da Área de Estudo**

A microbacia do Ribeirão Salinas encontra-se na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, na Região Administrativa de Sobradinho do Distrito Federal (EMATER, 2013). A área de estudo foi delimitada com o auxílio do *software* ArcGIS 10.0, por meio dos mapas temáticos de hidrografia e de curvas de nível do Distrito Federal obtidos das bases cartográficas da Codeplan/SICAD (1991), na escala 1:10.000. A área está localizada entre as coordenadas UTM (Fuso 23S): 180.000,00 m a 192.000,00 m e 8.284.000,00 m a 8.266.000,00 m.



**Figura 4. Mapa de localização da área de estudo: microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.**

Com o auxílio do mapa temático de solos elaborado pela Embrapa (1978) e da área demarcada da microbacia do Ribeirão Salinas, foi gerado o mapa de solos da área de estudo, por meio da ferramenta *Analysis Tools* → *Extract* → *Clip* do ArcGIS 10. Por meio do mapa elaborado foi constatado as principais classes de solos de ocorrência na microbacia do Ribeirão Salinas: Latossolos, Cambissolos, Argissolos, Nitossolos e Chernossolos.

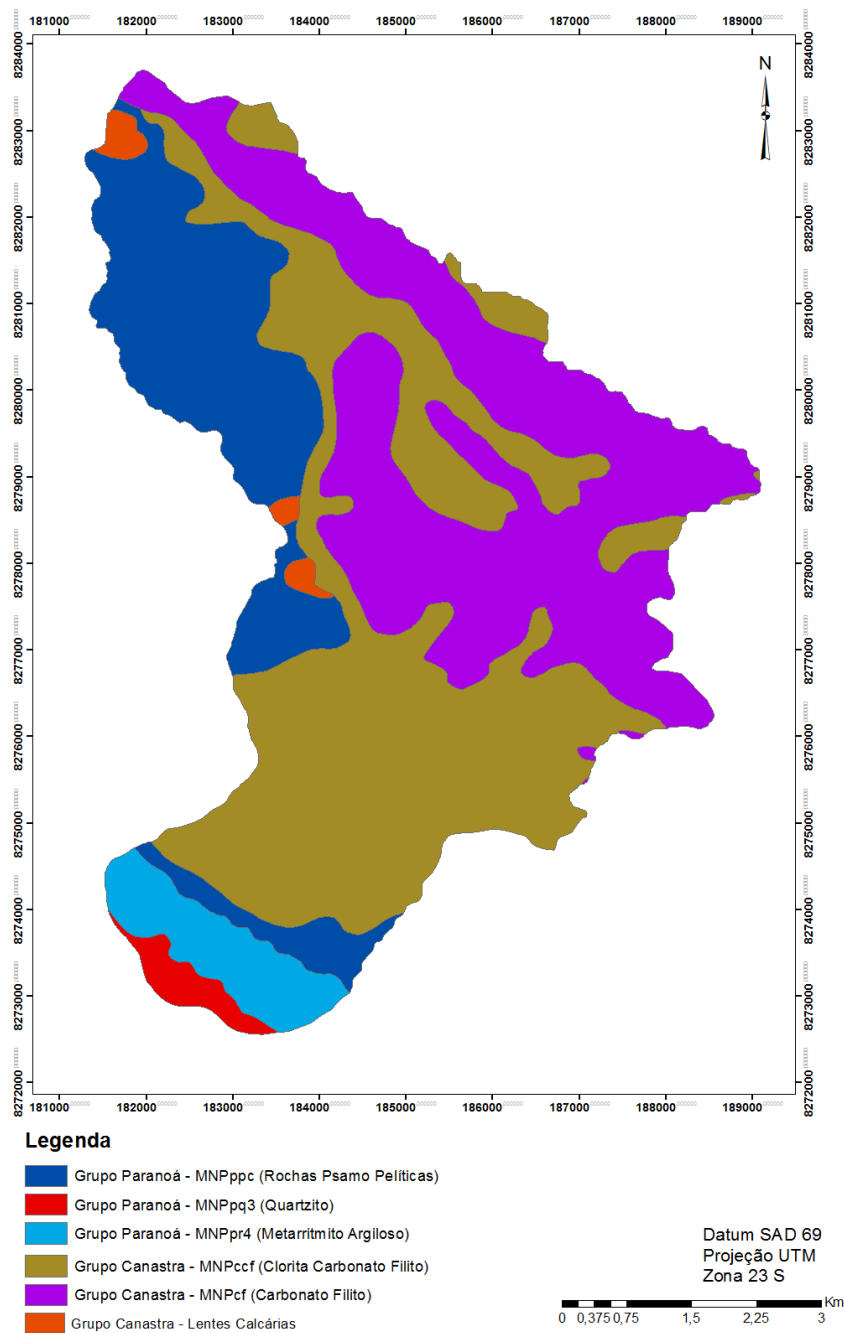


**Figura 5. Mapa de solos da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal. Fonte: modificado de Embrapa (1978).**

#### **4.1.2 Geologia da microbacia do Ribeirão Salinas, DF**

O mapa de geologia da área de estudo foi elaborado por meio do mapa temático de geologia do Distrito Federal, em escala de 1:100.000 (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998), recortado pela área de estudo por meio da ferramenta *Analysis Tools*

→ *Extract* → *Clip* do ArcGIS 10. A geologia da microbacia do Ribeirão Salinas é caracterizada pelas unidades litológicas Grupo Paranoá e Grupo Canastra (Figura 6), este último formado por rochas calcárias e calco-xistos (litologias calciossilicatadas) (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998), que favorecem a formação de classes de solos pouco comuns na região do Planalto Central do Brasil.



**Figura 6. Mapa de geologia da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.**

### **4.1.3 Geomorfologia da microbacia do Ribeirão Salinas, DF**

Com base na descrição de Novaes Pinto (1994) para a região do Distrito Federal a geomorfologia da microbacia do Ribeirão Salinas encontra-se nas seguintes unidades geomorfológicas:

- Superfície Geomorfológica I (Região de Chapada): 1.300 a 1.100 m;
- Superfície Geomorfológica II (Área de Dissecação Intermediária): 1.100 a 1.000 m;
- Superfície Geomorfológica III (Região Dissecada de Vale): 1.000 a 750 m.

Sendo que grande parte da microbacia estudada localiza-se na Região Dissecada de Vale (Superfície III).

### **4.1.4 Clima da microbacia do Ribeirão Salinas**

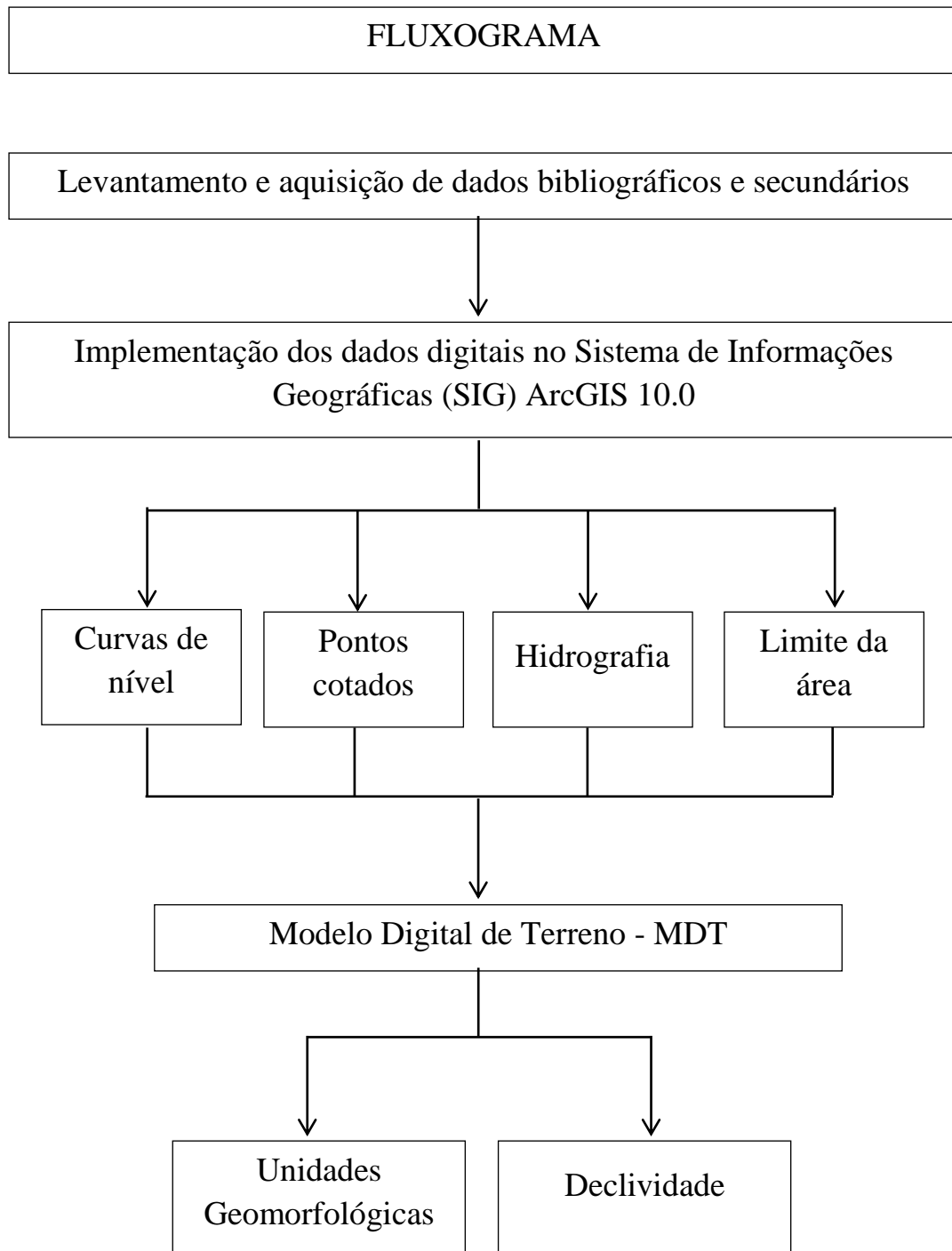
A microbacia do Ribeirão Salinas apresenta um clima de forte sazonalidade: uma estação chuvosa e quente, e outra fria e seca. A estação chuvosa inicia-se em outubro e termina em abril, perfazendo aproximadamente 85% da precipitação total anual, sendo janeiro o mês com maior índice pluviométrico médio (320 mm/mês). A estação seca vai de maio a setembro, sendo que a precipitação representa somente 2% do total anual, não ultrapassando 50 mm/mês. Na região da área de estudo, a precipitação média anual varia entre 1.500 mm a 1.700 mm (MARTINS e BAPTISTA, 1998).

A temperatura média mensal varia entre 18 e 22 °C, sendo os meses de setembro e outubro mais quentes, com médias superiores a 22 °C. O mês de junho é o mais frio com médias entre 16 e 18 °C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2 °C e máximas de 33 °C já foram registradas, respectivamente, no inverno e no início do verão (FERRANTE *et al.*, 2001).

Durante alguns dias dos meses de agosto e setembro, a umidade relativa pode atingir valores abaixo de 20%, enquanto nos meses mais úmidos eleva em torno de 75%. Quanto à média de insolação, no período mais seco é de 200 h/mês e no período chuvoso é de 130h/mês (FERRANTE *et al.*, 2001).

## 4.2 Análise e tratamento de dados por meio do SIG

Primeiramente foram realizados o levantamento e aquisição de dados secundários disponíveis da área de estudo, tais como o mapa pedológico da Embrapa (1978) e geológico (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998), ambos em escala 1:100.000. Adiante com o uso do *software* ArcGIS 10, os dados foram manipulados para gerar o Modelo Digital de Terreno por intermédio da ferramenta *Spatial Analysis Tools* → *Interpolation* → *Topo to Raster*. O MDT da microbacia do Ribeirão Salinas foi produzido por meio dos mapas temáticos de curvas de nível, hidrografia e pontos cotados extraídos das bases cartográficas da Codeplan/Sicad (1991) e do limite da área da microbacia em estudo. Em seguida, com o auxílio do MDT, foi possível criar o mapa de classes de declividade da microbacia do Ribeirão Salinas usando o comando *Spatial Analysis Tools* → *Slope* do *software* ArcGIS 10 e o mapa de unidades geomorfológicas. Neste trabalho, foram classificadas quatro classes de declividade para a microbacia em estudo, de acordo com Lacerda *et al.* (2005) e SiBCS (EMBRAPA, 2013): Plano (0-3%), Suave Ondulado (3-12%), Ondulado (12-24%), Forte ondulado (24-45%). Souza (2012) elaborou um fluxograma representativo das etapas realizadas, o qual foi adotado neste estudo, apresentado na figura 7.



**Figura 7. Fluxograma das etapas realizadas na análise e tratamento de dados por meio do SIG na microbacia do Ribeirão Salinas, DF.**



### **4.3 Estabelecimento das relações pedomorfológicas**

As informações extraídas das relações entre classes de solos, material de origem e unidades do relevo, com o auxílio do *software* ArcGIS 10, foram observadas e sistematizadas a fim de obter uma análise prévia das interações entre esses fatores, posteriormente, verificadas em campo.

### **4.4 Atividades de campo**

#### **4.4.1 Caracterização dos pontos amostrais**

Com base nos mapas gerados da microbacia em estudo, foram realizadas campanhas de campo para verificar as relações estabelecidas na etapa anterior entre as classes de solos, material de origem e relevo, principalmente nas áreas mapeadas como lentes de calcários, uma vez que estas encontram-se associadas com as litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, de acordo com Freitas-Silva e Campos (1998). Foi verificado, também, a vegetação nativa associada.

Cinco perfis de solos foram selecionados, considerados representativos das classes de solos com horizonte B textural ou B nítico de ocorrência na microbacia do Ribeirão Salinas, desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra. Os perfis selecionados foram caracterizados, com descrição morfológica e coleta de amostras para análises laboratoriais, de acordo com as normas de descrição de perfis segundo Santos *et al.* (2005).

Os perfis avaliados foram georreferenciados por meio do GPS Garmin MAP 60CX, assim como a leitura relativa da altimetria de cada um dos cinco pontos escolhidos. Também foram realizadas as leituras de classes de declividade por meio de um clinômetro. Tais leituras permitiram a checagem das classes de altitude e declividade de ocorrência das classes de solos estabelecidas.

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solos ao longo dos principais horizontes dos perfis de solos para a realização das análises físicas e químicas de acordo com Embrapa (1997).

## **4.5 Análises laboratoriais**

### **4.5.1 Análises físicas**

As amostras deformadas e indeformadas coletadas em campo foram submetidas às análises físicas de textura e densidade do solo, respectivamente. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

- **Textura do solo**

A textura do solo foi determinada a partir do Método do Densímetro, conhecido também como método do hidrômetro, proposto em 1926 por Bouyoucos.

O método baseia-se no princípio de que a matéria em suspensão (silte e argila) confere determinada densidade ao líquido. Com a ajuda de um densímetro foi possível relacionar as densidades com o tempo de leitura, baseado na Lei de Stokes, e com a temperatura, calculando com esses dados a porcentagem das partículas, de acordo com Embrapa (1997). Na determinação da classe textural das amostras analisadas utilizou-se o triângulo de grupamento textural (Figura 8) proposto por Embrapa (1997):

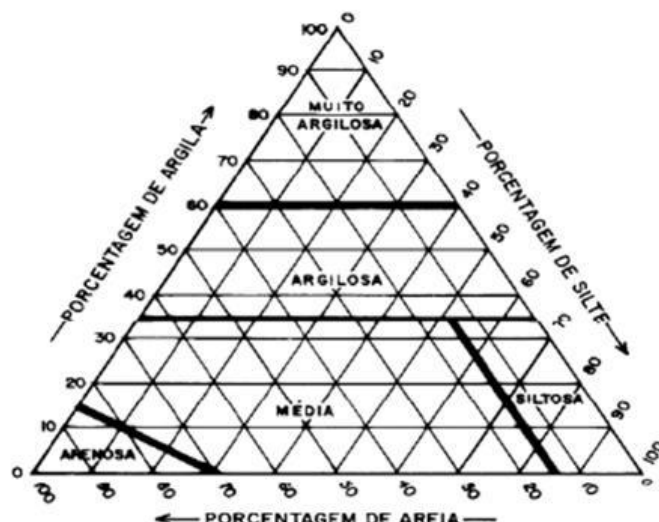


Figura 8. Triângulo de grupamento textural. Fonte: Embrapa (1997).

- **Densidade do solo (Ds)**

A densidade do solo foi determinada segundo o método do anel volumétrico (Embrapa, 1997), o qual consiste na coleta de amostras de solo indeformadas por meio da utilização de cilindros de volume interno conhecido de 100 cm<sup>3</sup>.

Uma vez coletadas as amostras, estas foram secas em estufa a 105°C durante 48hs, e após esse período pesou-se para obtenção da massa de solo seco (Ms) e calculou-se a densidade por meio da equação 1:

$$Ds = Ms/V_s \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Ds = densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>);

Ms = massa de solo seco (g) em estufa a 105°;

Vs = volume amostrado, que é igual ao volume do cilindro utilizado (cm<sup>3</sup>).

#### 4.5.2 Análises químicas

As análises químicas dos solos foram conduzidas no Laboratório de Química do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

As amostras na fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) com umidade residual corrigida para a obtenção da Terra Fina Seca em Estufa (TFSE), foram submetidas às seguintes análises:

- **pH em H<sub>2</sub>O**

O pH é um atributo de extrema importância, pois além de determinar a acidez ou a alcalinidade dos solos, estima a solubilidade de alguns elementos, e em consequência a disponibilidade de nutrientes (EMBRAPA, 1997). O método consistiu na imersão do eletrodo na suspensão solo-líquido (H<sub>2</sub>O) e na medição da atividade do íon H<sup>+</sup>.

- **Matéria orgânica do solo (MO)**

Na determinação da matéria orgânica do solo foi utilizado o método Walkley-Black (EMBRAPA, 1997), baseado na oxidação da matéria orgânica do solo a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O por íons dicromato em meio fortemente ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Nesta reação, considera-se o dicromato consumido equivalente ao carbono orgânico existente na amostra de solo, tendo o dicromato de potássio como padrão. O excesso de dicromato não consumido é titulado com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). Nestas titulações a indicação visual do ponto final é detectada empregando-se o indicador redox de difenilamina, juntamente com ácido fosfórico para complexar o Fe<sup>3+</sup> formado (OLIVEIRA e NEVES, 2006). A matéria orgânica do solo foi estimada por meio da equação 2:

$$MO\ total = 1.000. \left(1 - \frac{A}{B}\right). 1,34 \quad \textbf{Equação 2}$$

Onde:

MO = matéria orgânica do solo (g.kg<sup>-1</sup>);

A = volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

B = volume do sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco;

1,34 = fator de correção.

- **Carbono orgânico (C)**

O procedimento para determinação do carbono orgânico do solo é o mesmo utilizado para determinação da matéria orgânica do solo. Na determinação do carbono orgânico das amostras analisadas foi utilizada a equação 3:

$$C = MO/1,724 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

C = carbono orgânico do solo (g.kg<sup>-1</sup>);

MO = matéria orgânica do solo (g.kg<sup>-1</sup>);

1,724 = fator de correção.

- **Soma de bases (S)**

A determinação das bases trocáveis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) consiste basicamente na extração destas com extratores químicos seguidas das análises, uma vez que essas se encontram adsorvidas em posições de troca na superfície dos colóides dos solos. Por se tratar de cátions trocáveis, os mesmos são facilmente extraídos dos solos com soluções salinas ou de ácidos diluídos, a soma de bases foi determinada segundo Embrapa (1997), de acordo com a equação 4.

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} \quad \text{Equação 4}$$

- **Acidez potencial**

A acidez potencial é a acidez extraível ou titulável que é utilizada para calcular a CTC do solo. É obtida pela extração com solução tamponada de acetato de cálcio 1N em pH 7,0. A acidez potencial foi calculada por meio da equação 5:

$$H^{+} + Al^{3+} = (a - b) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = acidez potencial (cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>);

a = NaOH da amostra (ml);

b = ml NaOH da prova em branco (ml).

- **CTC – Capacidade de Troca Catiônica**

A CTC do solo, definida como sendo a soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas, foi determinada pelo método da soma de cátions trocáveis, de acordo com Embrapa (1997), utilizando-se a equação 6:

$$T = S + (H^+ + Al^{3+}) \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

T = capacidade de troca de cátions (cmolc.kg<sup>-1</sup>);

S = soma de bases;

$H^+ + Al^{3+}$  = acidez potencial.

- **Saturação por Bases (V%)**

O valor V% representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo sortivo do solo. Este valor é utilizado para caracterizar solos eutróficos e distróficos (EMBRAPA, 1997). O valor V% foi determinado por meio da equação 7:

$$V\% = 100 \cdot \frac{S}{T} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

V% = porcentagem de saturação por bases;

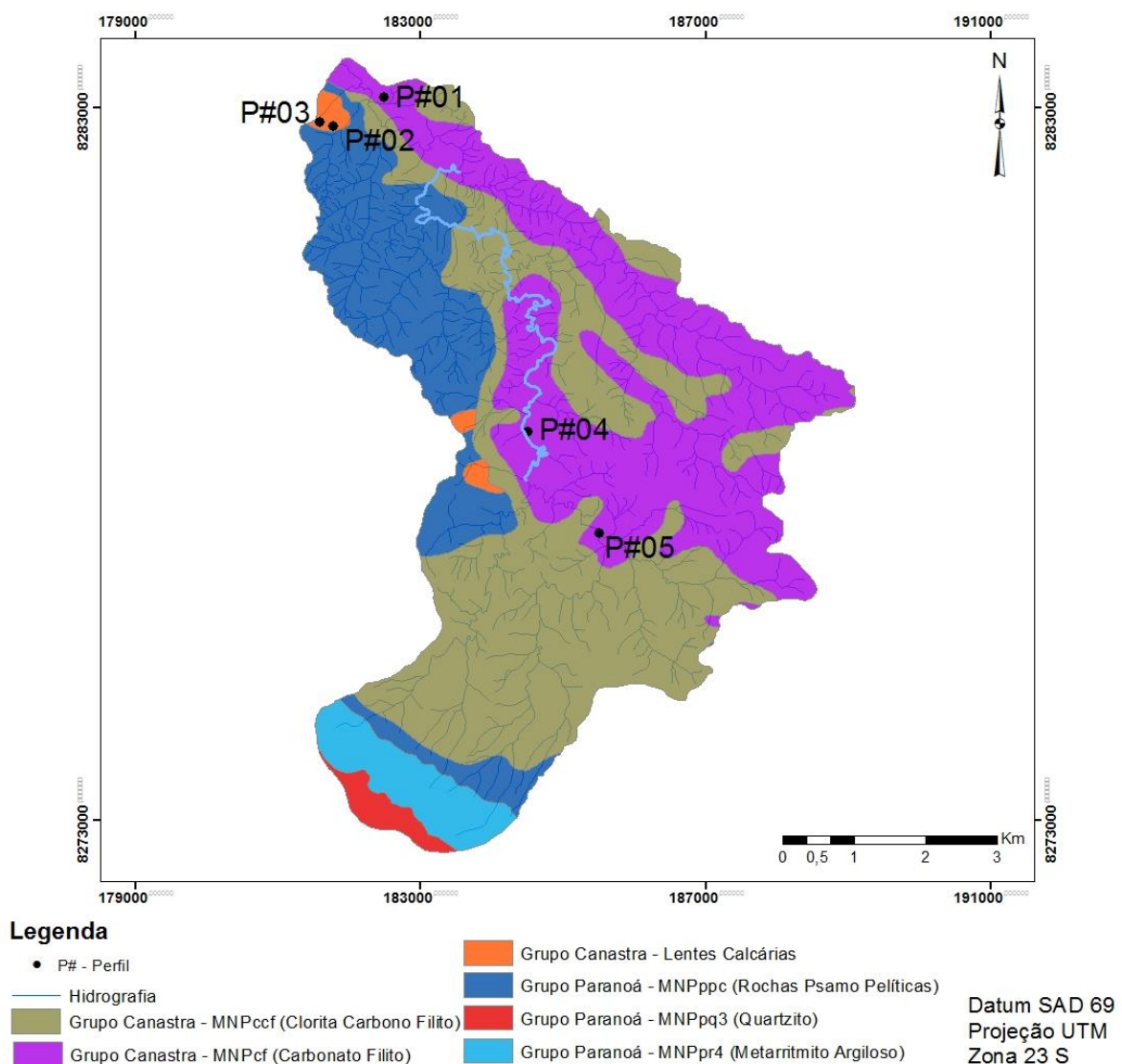
S = soma de bases;

T = capacidade de troca de cátions.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Localização dos perfis selecionados**

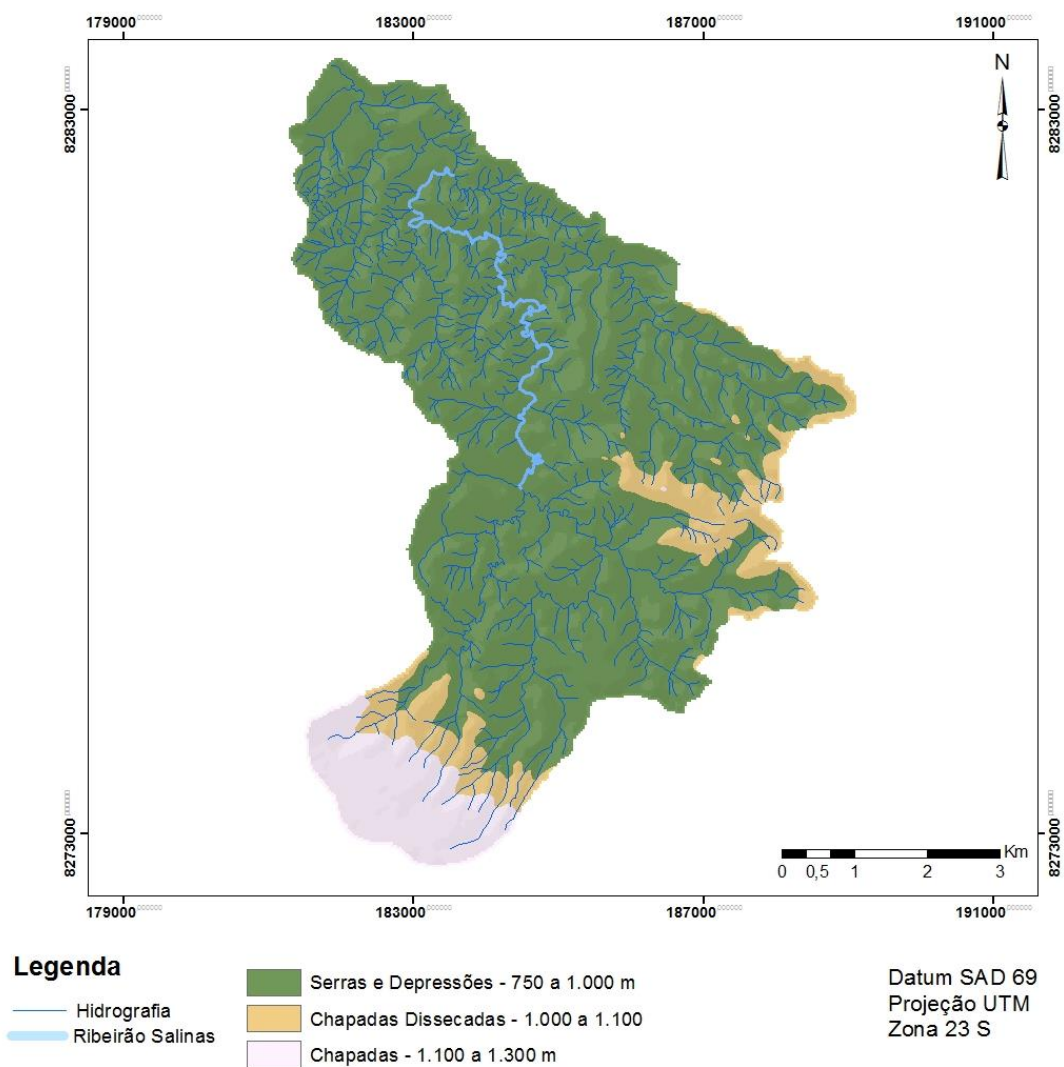
Por intermédio das campanhas de campo e do mapa de geologia disponível da região (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998), cinco perfis representativos das classes de solos com o horizonte B textural ou B nítico foram selecionados na área da microbacia do Ribeirão Salinas, DF. Os locais selecionados estão próximos às lentes de calcários, uma vez que essas encontram-se associadas com as litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra, de acordo com Freitas-Silva e Campos (1998). A figura 9 apresenta a localização dos cinco perfis de solos estudados.



**Figura 9. Localização dos cinco perfis selecionados na microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal. Fonte: mapa de geologia do DF (FREITAS e CAMPOS, 1998).**

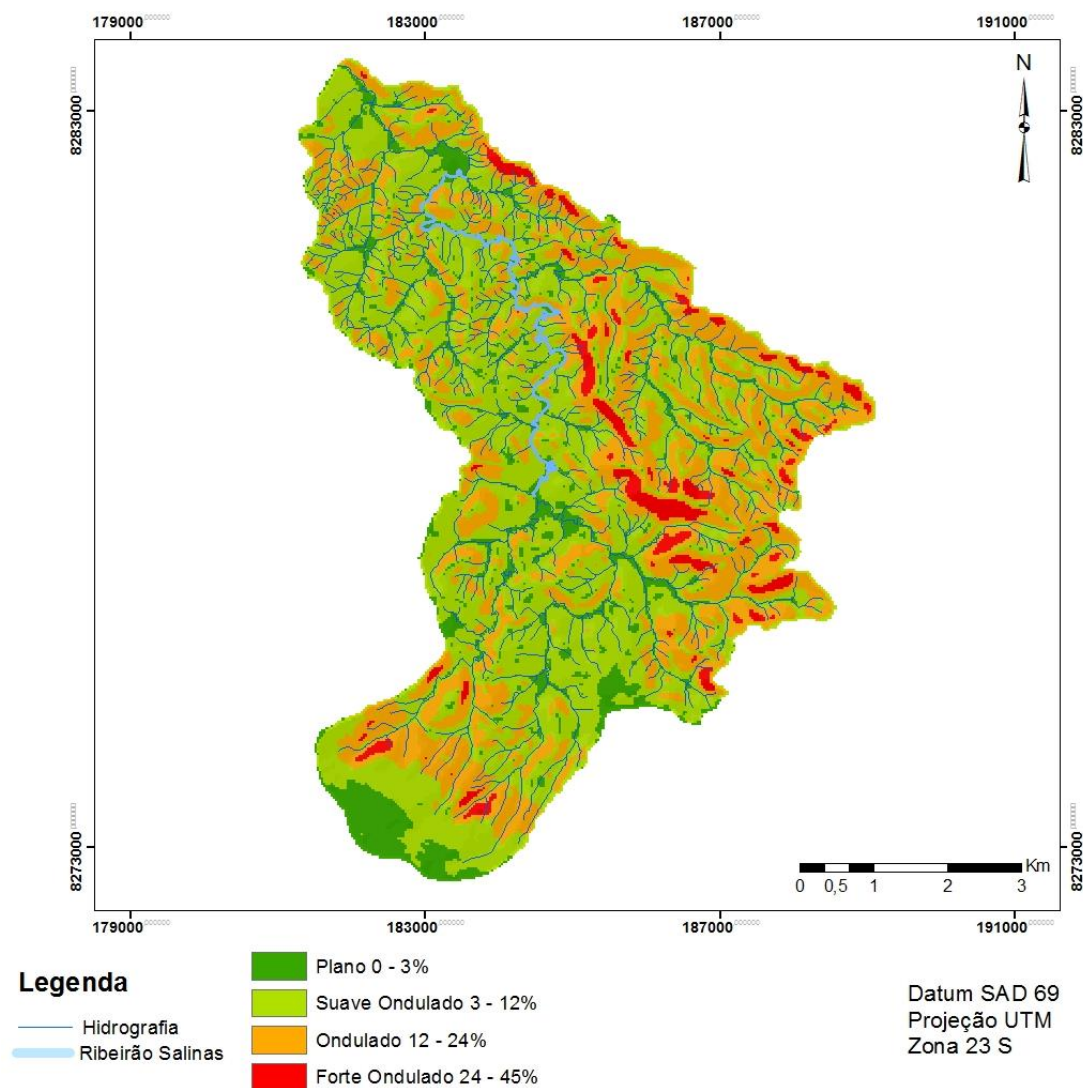
## 5.2 Análise dos dados obtidos pelo SIG

O MDT gerado da microbacia do Ribeirão Salinas, conforme a exemplificação do fluxograma da figura 7, foi classificado em três classes de altimetria definidas em 1.000 m, 1.100 m e 1.300 m, de acordo com Novaes Pinto (1994). A partir do MDT, foram confeccionados o mapa das unidades geomorfológicas (Figura 10) e o mapa de declividade (Figura 11) classificado em quatro classes, de acordo com Lacerda *et al.* (2005) e SiBCS (EMBRAPA, 2013): Plano (0-3%), Suave Ondulado (3-12%), Ondulado (12-24%), Forte ondulado (24-45%).



**Figura 10. Mapa das unidades geomorfológicas da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.**





**Figura 11.** Mapa de classes de declividade da microbacia do Ribeirão Salinas, Distrito Federal.

### 5.3 Relações pedomorfológicas estabelecidas da microbacia do Ribeirão Salinas

Por meio dos mapas disponíveis e gerados da microbacia do Ribeirão Salinas, conjugados com as ferramentas do ArcGIS 10, foram estabelecidas as relações entre as classes de solos, a geologia e o relevo da área de estudo (Tabela 1). Em cada unidade geomorfológica foram listadas as classes de declividade presentes, e suas relações com o material de origem e as classes de solos.

**Tabela 1. Relações pedomorfológicas da Superfície III da microbacia do Ribeirão Salinas.**

Unidade geomorfológica	Classes de declividade	Domínios geológicos <sup>(1)</sup>					
		MNPpq3	MNPpr4	MNPppc	MNPcf	MNPccf	Lentes calcárias
Superfície III (1.000 – 750 m)	0 – 3%	-	-	LV/LVA + PVA + N	LV/LVA + PVA + N + M	LV/LVA + PVA + N + M	N
	3 – 12%	-	-	LV/LVA + PVA + N	LV/LVA + PVA + N + M	LV/LVA + PVA + N + M	LV/LVA + N
	12 – 24%	-	-	C + PVA + N	C + PVA + N + M	C + PVA + N + M	N
	24 – 45%	-	-	C	C + PVA	C + PVA	-

<sup>(1)</sup>Domínios geológicos descritos por Freitas-Silva e Campos (1998): Grupo Paranoá: MNPq3 (Quartzito); MNPpr4 (Metarritmito Argiloso); MNPppc (Rochas Psamo Pelíticas); Grupo Canastra: MNPcf (Carbonato Filito); MNPccf (Clorita Carbonato Filito) e Lentes Calcárias. Classes de Solos: Latossolo Vermelho (LV); Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA); Argissolo Vermelho (PVA); Nitossolo (N); Cambissolo (C); Chernossolo (M).

Martins *et al.* (2002) afirmam que as classes de solo Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), Nitossolos (N) e Chernossolos (M) encontram-se exclusivamente na unidade geomorfológica Serras e Depressões, correspondente a Superfície Geomorfológica III (750-1.000 m) adotada neste trabalho. Citam, também, que essas classes de solo estão associadas às bases de morros sobre rochas pelito-carbonatadas e suas ocorrências estão associadas às mudanças de aspecto do relevo. Tais considerações são propícias para a formação de horizonte B textural, por eluviação e translocação lateral (MONIZ, 1998).

Na região do Distrito Federal, Lacerda *et al.* (2005) apresentam a correlação direta das classes Argissolos e, principalmente, Nitossolos Vermelhos e Chernossolos Argilúvicos Carbonáticos com o substrato geológico metacalcários e xistos de composições variadas do Grupo Canastra. Sendo que a presença desses solos, considerados os de maior potencial de fertilidade natural da região, apresentam atributos herdados do material parental.

O conhecimento preliminar das relações pedomorfológicas permitiu estabelecer a distribuição de solos na área de estudo e correlacionar os fatores de formação do solo, material de origem e relevo.

## 5.4 Caracterização dos perfis estudados da microbacia Ribeirão Salinas

Foram definidos cinco perfis de solos com horizonte B textural e B nítico na área da microbacia do Ribeirão Salinas para a caracterização detalhada e classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Por meio das relações pedomorfológicas estabelecidas (Tabela 1), da descrição morfológica e dos resultados das análises físicas (Tabela 2) e químicas (Tabela 3) dos horizontes A e Bt de cada perfil, de acordo com Santos *et al.* (2005), foi possível realizar a classificação dos solos até o 5º nível categórico (perfil 02) segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013). As classes de solos avaliadas foram classificadas em:

Perfil 01	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico - NVe
Perfil 02	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico – NVe
Perfil 03	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico - NVe
Perfil 04	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático típico – MTK
Perfil 05	NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico – NXd

- **Descrição geral e morfológica**

Os cinco perfis foram submetidos a descrição geral e morfológica segundo Santos *et al.* (2005). A classificação adotada seguiu a classificação empregada pelo SiBCS (EMBRAPA, 2013). As classes de solos avaliadas – Argissolos, Nitossolos e Chernossolos – possuem similaridades na morfologia quanto à estrutura em blocos, consistência, textura argilosa e cerosidade. Já a caracterização da cor nos horizontes diagnósticos, conforme a Carta de Cores Munsell, diferenciou-se entre os perfis: vermelho-escuro-acinzentado no perfil 01, vermelho-escuro no perfil 02, vermelho no

perfil 03, bruno-avermelhado escuro no perfil 04 e bruno-amarelado escuro no perfil 05.  
A descrição desses perfis segue abaixo:

**PERFIL 01 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico**

Horizonte	Profundidade	Cor	Textura	Estrutura	Consistência
<b>1A</b>	0 – 35 cm	10R 4/4	Argilosa	Forte, muito grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>2Ab</b>	35 – 70 cm	10R 3/2	Argilosa	Forte, grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>Bt</b>	70 – 130 cm	10R 4/3	Argilosa	Forte, muito grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>C</b>	130 cm+	-	-	-	-

DATA: 4/10/2013

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS:

Tendo como ponto de partida a Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, siga 14,5 km na rodovia DF-105 até alcançar o ponto de encontro com a rodovia DF-250. Siga por mais 20 km à esquerda na DF-250 e, em seguida, siga à direita em uma estrada vicinal, Brasília – DF, UTM 182496 m (fuso 23S) 8283155 m (fuso 23S).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O

PERFIL: Descrito e coletado em perfil de estrada, declividade de 42°, sob vegetação nativa de Floresta.



**Figura 12. Perfil 01: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico.**

ALTITUDE: 758 m

LITOLOGIA: Filito Carbonatado.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Canastra, Unidade Carbonato Filito.

CRONOLOGIA: Meso/Neoproterozóico

MATERIAL ORIGINÁRIO: Alteração de Filito Carbonatado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Plano a Montanhoso.

EROSÃO: Em sulco.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Pastagem.

CLIMA: Tropical de savana (Cwa) da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Bruna Gonçalves Vieira.

RAÍZES: Comuns nos horizontes A.



**Figura 13. Vegetação local do perfil 01.**



## PERFIL 02 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico

Horizonte	Profundidade	Cor	Textura	Estrutura	Consistência
<b>A</b>	0 – 27 cm	10R 2/6	Argilosa	Forte, média, blocos angulares	Ligeiramente dura, firme, plástica e pegajosa
<b>Bt</b>	27 – 90 cm	10R 2/6	Argilosa	Forte, grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>Bw*</b>	90 – 220 cm +	10R 2/6	Argilosa	-	-

\*Amostra tradada.

DATA: 11/10/2013

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Tendo como ponto de partida a Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, siga 14,5 km na rodovia DF-105 até alcançar o ponto de encontro com a rodovia DF-250. Siga por mais 20 km à esquerda na DF-250 e, em seguida, siga à direita em uma estrada vicinal, Brasília – DF, UTM 181450 m (fuso 23S) 8282680 m (fuso 23S).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em perfil de estrada, declividade de 4°, sob vegetação nativa de Floresta.

ALTITUDE: 725 m.

LITOLOGIA: Lentes calcárias.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Canastra, Unidade Lentes calcárias.



Figura 14. Perfil 02: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico.

CRONOLOGIA: Meso/Neoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Rochas calciossilicatadas associadas aos calcários.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado a Forte ondulado.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Vegetação nativa.

CLIMA: Tropical de savana (Cwa) da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Bruna Gonçalves Vieira.

RAÍZES: Comuns nos horizontes A.



Figura 15. Vegetação nativa do perfil 02.

### PERFIL 03 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico

Horizonte	Profundidade	Cor	Textura	Estrutura	Consistência
<b>A</b>	0 – 65 cm	10R (4/6)	Argilosa	Forte, grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa
<b>AB</b>	65 – 95 cm	10R (4/8)	Argilosa	Forte, grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>Bt</b>	95 – 126 cm	10R (4,5/8)	Argilosa	Forte, muito grande, blocos angulares	Muito dura, firme, plástica e pegajosa
<b>C</b>	126 cm +	-	-	-	-



DATA: 11/10/2013

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Tendo como ponto de partida a Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, siga 14,5 km na rodovia DF-105 até alcançar o ponto de encontro com a rodovia DF-250. Siga por mais 20 km à esquerda na DF-250 e, em seguida, siga à direita em uma estrada vicinal, Brasília – DF, UTM 181448 m (fuso 23S) 8282685 m (fuso 23S).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em perfil de estrada, declividade de 5°, sob vegetação nativa de Floresta.

ALTITUDE: 761 m.

LITOLOGIA: Lentes calcárias.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Canastra, Unidade Lentes calcárias.

CRONOLOGIA:

Meso/Neoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Rochas calciossilicatadas associadas a calcários.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Suave ondulado.

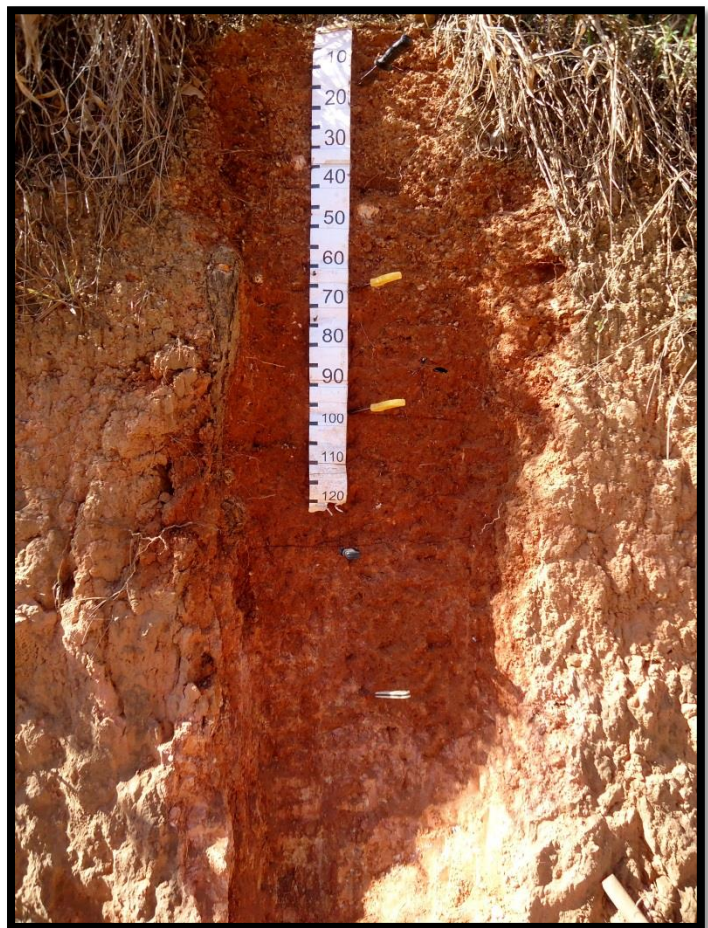
RELEVO REGIONAL: Plano a Ondulado.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:

Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Vegetação nativa.



**Figura 16. Perfil 03: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico.**



CLIMA: Tropical de savana (Cwa) da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Bruna Gonçalves Vieira.

**PERFIL 04 - CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático típico**

Horizonte	Profundidade	Cor	Textura	Estrutura	Consistência
<b>A</b>	0 – 60	7,5 YR 2,5/3	Argilosa	Forte, grande, blocos subangulares	Extremamente dura, firme, plástica e pegajosa
<b>Bt</b>	60 cm +	2,5 YR 2,5/4	Argilosa	Forte, média, blocos subangulares	Extremamente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa

DATA: 25/05/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada do Catingueiro, próximo ao Córrego Barreirão e próximo a rodovia DF-205, 184508 m (fuso 23S) 8278467 m (fuso 23S).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em perfil de estrada, declividade moderada, sob vegetação nativa de Floresta.

ALTITUDE: 877 m.

LITOLOGIA: Carbonato Filito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Canastra, Unidade Carbonato Filito.

CRONOLOGIA: Meso/Neoproterozóico

MATERIAL ORIGINÁRIO: Alteração de



**Figura 17. Perfil 04: CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático típico**

Carbonatado Filito.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado

EROSÃO: Em sulco.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Vegetação nativa.

CLIMA: Tropical de savana (Cwa) da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Rosana Quirino de Souza.

#### **PERFIL 05 - NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico**

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Cor</b>	<b>Textura</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Consistência</b>
<b>A</b>	0 a 28	10 YR 3/3	Argilosa	Forte, média, blocos	Ligeiramente dura, firme, ligeiramente plástica e pegajosa
<b>AB</b>	28 a 59	10 YR 3/6	Argilosa	Forte, média e média a grande blocos	Dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa
<b>Bt</b>	59 cm +	10 YR 4/4	Argilosa	Forte, pequena, blocos	Ligeiramente dura, firme, plástica e pegajosa

DATA: 25/05/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Estrada do Catingueiro, próximo ao Ribeirão Água Doce e próximo a DF-205, UTM 185513 m (fuso 23S) 8277030 m (fuso 23S).

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em perfil de estrada, sob vegetação nativa de Floresta.

ALTITUDE: 877 m.

LITOLOGIA: Clorita Carbonatado Filito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Canastra, Unidade Clorita Carbonato Filito.

CRONOLOGIA: Meso/Neoproterozóico.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Clorita Carbonatado Filito.

PEDREGOSIDADE: Pedregosa.

ROCHOSIDADE: Rochosa.

RELEVO LOCAL: Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL: Plano a Montanhoso.

EROSÃO: Em sulco.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL: Vegetação nativa.

CLIMA: Tropical de savana (Cwa) da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Rosana Quirino de Souza.

RAÍZES: Presente nos horizontes A.



**Figura 18. Perfil 05: NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico.**

- **Atributos físicos**

Foram avaliadas a densidade e a textura dos horizontes A e B de cada perfil. A densidade do solo é um atributo físico que oscila de acordo com a compactação e a estrutura do mesmo (GUARIZ *et al.*, 2009). Estudos de conservação do solo, trocas gasosas, suscetibilidade às erosões e expansão das raízes adotam a densidade como um dos principais parâmetros de análise (GUARIZ *et al.*, 2009).

A textura do solo, por sua vez, está relacionada com a densidade do mesmo. De modo geral, solos arenosos apresentam a densidade entre 1,35 e 1,85 g.cm<sup>-3</sup> (ARAÚJO *et al.*, 2004), enquanto os solos argilosos variam entre 0,95 e 1,25 g.cm<sup>-3</sup> (ARAÚJO *et al.*, 2004; TORMENA *et al.*, 1998). Para os solos argilosos, a baixa densidade pode decorrer da microagregação das partículas de argila, que aumenta a porosidade intra-agregado, ou microporosidade (KLEIN, 2005). Já os solos arenosos possuem valores maiores de densidade em razão ao maior peso específico das partículas de quartzo que compõem a fração areia e ao menor teor de matéria orgânica comumente verificada nestes solos, além de, geralmente, não apresentarem microporos.

O presente trabalho mostrou que os perfis analisados possuem densidades próximas e texturas semelhantes, com o teor médio de argila de 528,6 g.kg<sup>-1</sup>. Tal fato justifica-se pela contribuição do material de origem, que encontra-se associado a rochas com níveis argilo-siltosos intercalados com níveis de carbonato (MARTINS *et al.*, 2002). De acordo com Martins *et al.* (2002), a classe dos Nitossolos Vermelhos (perfis 01, 02, 03 e 05) são solos mais evoluídos, relacionados na área de estudo com materiais de origem mais ricos em carbonatos. As relações silte/argila baixas encontradas nestes solos demonstram o grau de evolução avançado dos mesmos e as relações B/A menores que 1,5 é diagnóstica para o horizonte B nítico. Já a classe dos Chernossolos, também estão associados a materiais de origem enriquecidos em CaCO<sub>3</sub>, porém são solos mais jovens, com rochosidade.

A tabela 2 apresenta os dados obtidos nas análises físicas dos solos estudados. Em geral, os atributos físicos avaliados refletem o bom estado de conservação destes solos (BERTOL *et al.*, 2004), uma vez que na área em estudo os mesmos encontram-se subutilizados, com uso predominante por pastagens, sendo que muitas áreas encontram-se com desenvolvimento de vegetação nativa característica de floresta subperenifólia, decorrente do alto potencial de fertilidade e umidade destes solos. Quando os solos são utilizados de maneira inadequada, pode ocorrer compactação do solo limitando o desenvolvimento radicular (DIAS JÚNIOR, 2000).

**Tabela 2. Análises físicas dos perfis de solos da microbacia do Ribeirão Salinas.**

Horizonte	Densidade g.cm <sup>-3</sup>	Areia	Argila g.kg <sup>-1</sup>	Silte	Relação Silte/Argila	Relação B/A	Textura
Perfil 1 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico – NVe							
A	1,23	155,4	568,6	276,0	0,48	1,19	Argilosa
Bt	1,36	108,5	674,6	216,9	0,32		Muito argilosa
Perfil 2 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico – NVe							
A	1,23	240,2	562,7	197,1	0,35	1,02	Argilosa
Bt	1,21	190,7	576,7	232,6	0,40		Argilosa
Perfil 3 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico – NVe							
A	1,50	243,4	514,7	241,8	0,47	1,24	Argilosa
Bt	1,24	128,4	637,9	233,8	0,37		Muito argilosa
Perfil 4 – CHENOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático – MTK							
A	1,09	465,60	372,80	161,60	0,43	1,27	Argila
Bt	1,50	292,80	472,80	234,40	0,50		Argila
Perfil 5 – NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico húmbrico – NXd							
A	1,10	292,80	412,80	294,40	0,71	1,19	Argila
Bt	1,22	192,80	492,80	314,40	0,64		Argila

- **Atributos químicos**

Os resultados das análises químicas dos solos de cada perfil avaliado na microbacia do Ribeirão Salinas estão apresentados na tabela 3.

O atributo pH do solo refere-se às distinções entre o estado de acidez e de alcalinidade da solução dos solos, podendo esse ser classificado como: extremamente ácidos quando apresentarem valores de pH menores que 4,3; fortemente ácidos entre 4,3 e 5,3; moderadamente ácidos entre 5,4 e 6,5; solos praticamente neutros entre 6,6 e 7,3; moderadamente alcalinos entre 7,4 e 8,3 e fortemente alcalinos para os que possuem valores pH maiores que 8,3 (EMBRAPA, 2013).

Com base nessa definição, os perfis 03 e 04 foram classificados como fortemente ácidos e os demais como moderadamente ácidos. De modo geral, os horizontes A apresentam pH mais baixos que os horizontes B ou C em razão da acidificação por parte da matéria orgânica (GOEDERT, 1985).

A matéria orgânica nos solos atua em favor da aeração, da maior retenção e armazenamento de água, além de fornecer nutrientes às plantas, propor maior capacidade de troca catiônica do solo (CTC) e oferecer um ambiente adequado ao estabelecimento e à atividade da microbiota (FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

Os perfis avaliados apresentaram elevados teores de matéria orgânica e carbono orgânico, variando, respectivamente, de 29,77 g.kg<sup>-1</sup> e 17,18 g.kg<sup>-1</sup> no perfil 04 a 21,95 g.kg<sup>-1</sup> e 12,75 g.kg<sup>-1</sup> no perfil 03, em função da vegetação nativa presente no local, floresta subperenifólia, com grande deposição de constituintes orgânicos. Vários autores como Chaves (2005), Araújo *et al.* (2007) e Borges *et al.* (2011) apresentam em seus estudos valores, também altos de matéria orgânica para solos com vegetação nativa de cerrado valores de: 52 g.kg<sup>-1</sup>; 45,2 g.kg<sup>-1</sup> e 37,80 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

O conteúdo da matéria orgânica tende a se reduzir à medida que aumenta a profundidade do solo (BARBOSA, 2007). Em todas as classes avaliadas foi observado que os teores de matéria orgânica e CTC do horizonte A foram superiores aos teores encontrados no horizonte B.

Os perfis 01, 02, 03 e 05, pertencentes a classe Nitossolo, apresentaram os menores valores para soma de bases e CTC em relação aos demais perfis, atributos

químicos esperados para estes solos que apresentam em sua constituição argila de baixa atividade (Tb).

Os perfis de solo 01 (NVe), 02 (NVe), 03 (NVe) e 04 (MTk) enquadraram-se como eutróficos em função dos elevados valores de saturação por bases ( $V > 50\%$ ). Já o solo do perfil 05, caracterizado como NXd, apresentou o valor médio de saturação por bases de 28% classificando-o como distrófico ( $V < 50\%$ ).

Uma característica importante dos Chernossolos (perfil 04) e dos Nitossolos chernossólicos (perfis 01, 02, 03 e 05) é a presença do horizonte A chernozêmico, responsável pela elevada saturação por bases, com predomínio de  $\text{Ca}^{2+}$  e/ou  $\text{Mg}^{2+}$ , cuja translocação é responsável pelo processo de calcificação e formação desse horizonte diagnóstico (EMBRAPA, 2013). A formação deste horizonte nesta região se justifica pela ocorrência de calcários e litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra.

O perfil 05 (NXd) apresentou saturação por alumínio superior a 50% no horizonte B nítico, concordando com o estudo realizado por Papa (2006) que avaliou um Nitossolo Háptico Distrófico com baixa fertilidade natural e saturação por alumínio superior a 50% no horizonte B nítico na região da Fercal-DF.

No presente estudo as variações nos atributos químicos verificadas entre as classes de solos com horizonte Bt e B nítico se dão, principalmente, em função do grau de evolução e da herança da composição do material de origem de cada um. Quimicamente, os Nitossolos Vermelhos Eutróficos chernossólicos correspondem a solos pedogeneticamente mais evoluídos que o Chernossolo Argilúvico carbonático.

Tabela 3. Análises químicas dos perfis de solos da microbacia do Ribeirão Salinas.

Horizonte	pH H <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	S	t	T	T <sub>ARGILA</sub>	V	m	MO	C <sub>ORG</sub>
		cmol <sub>c</sub> /dm-3							cmol <sub>c</sub> /kg	%		g.kg-1	
Perfil 01 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico – NVe													
Ab	5,5	11,85	0,53	O,15	5,40	12,38	12,53	17,78	31,30	69,63	1,20	40,10	23,25
Bt	5,47	12,50	0,48	1,25	4,05	12,98	14,23	17,03	25,20	76,22	8,78	14,20	8,28
Perfil 02 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico latossólico - NVe													
A	5,47	5,15	0,51	0,25	4,20	5,66	5,91	9,86	17,50	57,41	4,23	30,4	17,62
Bt	5,81	5,30	0,46	0,10	2,85	5,76	5,86	8,61	14,90	66,88	1,71	23,90	13,87
Perfil 03 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico chernossólico – NVe													
A	4,82	9,90	0,17	2,05	5,25	10,07	12,12	15,32	32,30	65,74	16,91	32,30	18,75
Bt	5,15	9,95	0,09	1,75	3,90	10,04	11,79	13,94	11,60	72,03	14,84	11,60	6,75
Perfil 04 – CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Carbonático típico – NXd													
A	6,5	19,30	0,39	0,00	3,47	19,69	19,69	23,15	62,10	85,04	0,00	47,90	27,65
Bt	6,3	17,40	0,19	0,00	2,64	17,59	17,59	20,23	42,80	86,95	0,00	11,65	6,72
Perfil 05 – NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico – MTk													
A	5,2	3,70	0,83	0,65	7,26	4,53	5,18	11,79	28,60	38,40	12,56	38,84	22,42
Bt	5,0	0,90	0,33	1,80	5,61	1,23	3,03	6,84	13,90	17,93	59,49	16,83	9,71

S = soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>); t = S + Al<sup>3+</sup>; T = Capacidade de Troca Catiônica (SB + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) a pH 7,0; T<sub>ARGILA</sub> = Atividade da Fração Argila (T x 1000/g.kg<sup>-1</sup> de argila); V% = saturação por bases (100 x S/T) e m% = saturação por alumínio (100 x Al<sup>3+</sup>/S + Al<sup>3+</sup>).



## 6 CONCLUSÕES

- O estudo das relações pedomorfogeológicas elaborado para a microbacia do Ribeirão Salinas permitiu compreender a distribuição dos solos na paisagem da microbacia do Ribeirão Salinas, DF.
- Foram caracterizados os solos com horizonte B textural e B nítico desenvolvidos a partir de litologias calciossilicatadas do Grupo Canastra: Nitossolos Vermelhos Eutróficos chernossólicos, por vezes latossólico (NVe); Nitossolos Háplicos Distróficos úmbrico (NXd) e Chernossolo Argilúvico Carbonático típico (MTk).
- As geotecnologias empregadas auxiliaram o estabelecimento das relações pedomorfogeológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. R; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos. Rio de Janeiro : IBGE, 1979. 80 p.

ANDRADE, C.L.T.; COELHO, E.F.; COURO, L.; SILVA, E.L. Parâmetros de solo e água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, Mg. Manejo da irrigação. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.1-132.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. Bras. Ci. Solo, v. 28, p. 337-345, 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C.; Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. Revista Brasileira Ciência do Solo. v.31, n.5, p.1099 -1108, 2007.

BARBOSA, I. B. Distribuição dos solos nas Chapadas Elevadas do Distrito Federal, com emprego de geoprocessamento. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007. 125 p. Dissertação de Mestrado.

BARBOSA, I. B.; LACERDA, M. P. C.; BILICH, M. R. Relações pedomorfogeológicas nas Chapadas Elevadas do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 273-283, 2009.

BERTOL, I.; ZOLDAN-JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, 2004, p. 155-163.

BIRKELAND, P. W. *Soils and geomorphology*. 3º ed. New York: Oxford University, 1984. 430p.

BOLFE, E. L. Geoprocessamento aplicado à análise de Recursos Florestais, estudo de caso. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. Dissertação de Mestrado.

BORGES, T. D. ; SOUZA, R. Q. de ; ARAÚJO, P. C. de ; FIGUEIREDO, C. C.; LACERDA, M. P. C. Influência do Uso e Ocupação nos Teores de Matéria Orgânica dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia, Anais... 2011b.

BOUYOUCOS, G. J. *Estimation of the colloidal material in soils*. *Science*, v. 64, p. 362, 1926.

BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal. Brasília, DISTRITO FEDERAL, 1965.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SE. 22. Rio de Janeiro, 1983. 764p.

BURROUGHT, P. A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Clarendon Press. 1989. 194p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistema de Informações Geográficas*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI/CPAC, 1998. p. 3-11.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e Geoprocessamento. in: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 12:11-33, 1987.

CAMPOS, J. E. G. e FREITAS SILVA, F. H. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, IEMA/SEMATEC/UnB, Brasília, v.4, n.1, 85p, 1998.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, p.104-114, 2006.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; RIBEIRO, G. Bancos de Dados Geográficos. Brasil, MundoGeo, 2005. 506 p.

CHAVES, A. A. A. Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do Rio Descoberto, DF. Faculdade de Agronomia e medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005, 98p. Dissertação de mestrado.

CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal. Brasília, CODEPLAN, 1984.

CODEPLAN/SICAD. Sistema Cartográfico do Distrito Federal. Brasília, CODEPLAN, 1991.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 29, n. 4, 2005.

DIAS JÚNIOR, M. de S.; NOVAIS, R. F. Compactação do solo. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 55-94, 2000.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. Meio Ambiente. Disponível em [http://www.emater.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD\\_CHAVE=160292](http://www.emater.df.gov.br/005/00502001.asp?ttCD_CHAVE=160292). Acesso em 25 de novembro de 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos no estado do Paraná. Boletim de pesquisa 27, Rio de Janeiro, Embrapa, 1984.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Boletim Técnico nº 53. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Distrito Federal, Rio de Janeiro, Embrapa, 1978. 466p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de Métodos de análise de solos. 2. Ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 212 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Brasília, DF, Embrapa Produção de Informação, 2013.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *World reference base for soil resources*. Rome, 1998. 109p. (World Soil Resource Report, 84)

FELGUEIRAS, C. A. Análises sobre Modelos Digitais de Terreno em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas. São José dos Campos, SP. Divisão de Processamento de Imagens – DPI, Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 2005.

FERRANTE, J. E. T.; RANCAN, L.; NETTO, P. B. Meio físico. In: FONSECA, F. O. Olhares sobre o Lago Paranoá. Brasília, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal, v. 1, 2001.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

FLORENZANO, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos, 2002. São Paulo. 97p.

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H., coords. Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília, SEMATECIEMA-MMA-SRH, 1998. CD-ROM.

FREITAS-SILVA, F. H. DARDENNE, M. A. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. In: Simpósio Geológico do Centro Oeste. Brasília, 1994. Anais. p. 164-165.

GOEDERT, W. J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégia de manejo. Ed. Nobel, Brasília, DF, Embrapa/CPAC, 1985. 422p.

GUARIZ, H. R.; CAMPANHARO, W. A.; PICOLI, M. H. S.; CECÍLIO, R. A.; HOLLANDA, M. P. Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009, INPE, p. 7709-7716.

HOLANDA, J. L. R. Desenvolvimento de um banco de dados georreferenciado (SIG) para as informações geológicas disponíveis do domínio Ceará central. Fortaleza: UFC, 2008. 61p. Dissertação de mestrado.

IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R.; SOUZA, E. Análise digital de terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “Mar de Morros” (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 29, n.2, p. 267 – 276, 2005.

KER, J. C.; RESENDE, M. Recursos edáficos dos cerrados: ocorrência e potencial. In: Simpósio sobre o Cerrado, 8.; International Symposium on Tropical Savannas, 1., 1996, Brasília. Anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 15-19

KLEIN, V. A. Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira. UPF, 2005.

KLINGEBIEL, A. A.; HORVARTH, E. H.; MOORE, D. G.; REYBOLD, W. U. *Use of slope, aspect, and elevation maps derived from digital elevation model data in making soil surveys. Soil Science Society of America. SSSA Special Publication. n.20, p.77-90, 1987.*

LACERDA, M. P. C.; ANDRADE, H.; QUEMÉNEUR, J.J.G. Micropedologia da alteração em perfis de solos com B textural na região de Lavras, Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 24:829-841, 2000.

LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O. Relações Pedomorfogeológicas e Distribuição de Pedoformas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 36, n. 3, p. 709-721, 2012.

LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O.; MENESES, P. R.; ROSA, J. W. C.; ROIG, H. L. Aplicação de geotecnologias em correlações entre solos, geomorfologia, geologia e vegetação nativa no Distrito Federal, DF. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2005, Goiânia. Anais... Goiânia, Brasil, 2005.

LACERDA, M. P. C.; QUÉMÉNEUR, J. J. G.; ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R. VIEIRA, T. G. C. Mapeamento preliminar de solos com horizonte B textural e B nítico na região de Lavras, MG. Revista Ciência e Agrotecnologia. vol.33 n.3 Lavras Mai/Jun, 2009.

MARTINS, E. S. e BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológicos e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, v. 1, p 89 – 137. 1998.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; BLOISE, G. L. F.; SPERA, S. T.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARÃES, R. F. As Relações da Geologia com os Solos da APA de Cafuringa, DF, Escala 1:100.000. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2002. 35 p.

MEDEIROS, J. S. DE; CÂMARA, G. Curso “Geoprocessamento para Projetos Ambientais”, 2002. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/). Acessado em 19/11/2013.

MIRANDA, L. H. F.; IPPOLITI, G. A.; OLIVEIRA, C. M. L.; FERNANDES FILHO, E. I.; ABRAHÃO, W. A. P. S. Sistema de informação geográfica do município de Ubá. Ubá, Prefeitura municipal de Ubá, 1999.

MONIZ, A. C. Revisão de literatura: evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 20, p. 349-362, 1998.

MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; PETERSON, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, p.443 – 452, 1993.

MOTTA, P. E. F. da; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.; PEREIRA, N.; CARVALHO JUNIOR, W. e BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.37, n. 6, p. 869 – 878. 2002.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Baltimore, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. 1995.

MYERS, V. I *Remote sensing applications in agriculture* In: American Society of Photogrammetry. Manual of remote sensing. 2. ed. Fall Church, 1983. cap. 33, p.2119-2136

NEUMANN, M. R. B. Mapeamento Digital de Solos, no Distrito Federal. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2012, 110p. Tese de Doutorado.

NOVAES PINTO, M. Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal. In: PINTO, M.N. (Org.) – Cerrado – Caracterização, Ocupação e Perspectivas. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1994, p. 285-320.

OLIVEIRA, A.; NEVES, E. A. Modificações no método de Walkley Black para determinação da Matéria Orgânica em Solos. In: 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia, São Paulo, 2006. Anais.

OLSON, G. W. *Land classification*. Ithaca, Cornell University Agricultural Experiment Station, USA, 1974.

PAPA, R. A. Avaliação da aptidão agrícola e determinação da qualidade de solos do Distrito Federal. Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006. 92 p. Monografia de Graduação.

- REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; JÚNIOR, O. A. C. Mapa pedológico digital – SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo – Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e interpretações. Ministério da Agricultura, Brasília, e Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1988.
- RESENDE, M.; CURI, N., REZENDE, S. B. D. e CORRÊA. G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Viçosa, NEPUT, 2007. 904 p.
- ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora, MG, Ed. do Autor. 2000, 220 p.
- ROSA, R.; BRITO, J.L.S. Introdução ao Geoprocessamento. Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia: UFU, 1996. 104p.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.
- SOUZA, R. Q. Relações Pedomorfogeológicas na Área de Proteção Ambiental de Cafuringa, Distrito Federal: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 73 p. Monografia de Graduação.
- TORMENA, C. A. Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo. 1998. 106f. 1998. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento e Análise Ambiental. 1992. RBG 54.